ПРОБЛЕМЫ КОНСТРУКТИВНОЙ ГЕОГРАФИИ



КАРАКУМСКИЙ КАНАЛ И ИЗМЕНЕНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ В ЗОНЕ ЕГО ВЛИЯНИЯ

ИЗДАТЕЛЬСТВО •НАУКА•

ПРОБЛЕМЫ КОНСТРУКТИВНОЙ ГЕОГРАФИИ

Редакционная коллегия:

И. П. Герасимов (председатель),
В. С. Преображенский (заместитель председателя),
Л. С. Абрамов (ответственный секретарь),
Д. Л. Арманд, С. В. Зонн, И. В. Комар,
Г. М. Лаппо, Н. Ф. Леонтьев, Я. Г. Машбиц

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ИНСТИТУТ ГЕОГРАФИИ
ИНСТИТУТ ПУСТЫНЬ АН ТССР

КАРАКУМСКИЙ КАНАЛ И ИЗМЕНЕНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ В ЗОНЕ ЕГО ВЛИЯНИЯ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
МОСКВА 1978

УДК 911.2+30211(575.4)

Каракумский канал и изменение природной среды в зоне его влияния. М., «Наука», 1978.

В книге показано значение канала в преобразовании пустынь Средней Азии и его место в общих мелиоративных преобразованиях территории СССР. Освещаются гидрологические особенности канала. Приводится характеристика рельефа, подземных вод, климата, почв и биокомплексов. Разработаны принципы природно-мелиоративного районирования и анализируется воздействие природных и техногенных факторов в зоне строительства канала.

Табл. 60. Ил. 32. Библ. 146 назв.

Ответственный редактор
доктор географических наук
Н. Т. КУЗНЕЦОВ

К $\frac{20902—165}{055(02)-78}$ 449-78

© Издательство «Наука», 1978 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Одной из важнейших задач коммунистического строительства в нашей стране является развитие сельского хозяйства. В осуществлении долгосрочной программы его подъема, намеченной еще мартовским (1965 г.) Пленумом ЦК КПСС и нашедшей дальнейшее развитие в решениях XXIV и XXV съездов партии, предусматривается как гарантированное получение сельскохозяйственной продукции во все возрастающем объеме, так и дальнейшее стирание различий между городом и деревней, между сельскохозяйственным и промышленным производством [1].

Важными элементами осуществления этой многолетней программы, как известно, являются техническое перевооружение сельскохозяйственного производства, его химизация, внедрение достижений биологической науки, широкое развитие орошения и осушения с помощью различных сооружений. Поэтому в пятилетних планах развития народного хозяйства большое внимание уделяется гидротехническому строительству. В десятом пятилетнем плане также намечена обширная программа гидротехнического строительства.

Участие в разработке научного обоснования этой программы, особенно прогноз изменений природной среды под влиянием гидротехнических сооружений, оптимизация режимов их действия с целью получения комплекса народнохозяйственных выгод — одна из важнейших задач конструктивной географии. При ее решении необходимо определить пути максимально эффективного использования природной среды, не только сохраняя, но и улучшая ее производительные возможности (Герасимов, 1967).

Среди обширной программы гидротехнического строительства видное место занимают дальнейшее строительство и усовершенствование Каракумского канала с целью развития на прилегающей территории орошаемого земледелия на базе амударьинских вод и интенсификации животноводства, а также с целью коренного улучшения водоснабжения городов и быстро развивающейся промышленности Туркмении.

Каракумский канал — уникальное гидротехническое сооружение. До его постройки гидротехническая практика не имела опыта переброски сотен кубометров воды в секунду на расстояние в сотни километров через одну из крупнейших пустынь мира — Каракумы. Поэтому понятен тот огромный интерес, который проявляется к Каракумскому каналу со

---

[1] Директивы XXIV съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1971—1975 годы. М., 1971. Основные направления развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 годы. М., 1976.

стороны широкой общественности как в СССР, так и за рубежом. Такое внимание настолько многопланово, что почти невозможно перечислить все его аспекты. Однако в этом многообразии аспектов прослеживается один ведущий мотив — необходимость всестороннего осмысливания и использования опыта строительства и эксплуатации Каракумского канала в области его влияния на природную среду. Предлагаемая вниманию читателей книга и призвана осветить с позиции конструктивной географии две важные проблемы: какими критериями руководствоваться при освоении целины и расширении орошаемого земледелия в ранее существовавших оазисах и как антропогенное воздействие сказывается на изменении природной среды в пустынях и оазисах, впервые испытавших влияние Каракумского канала.

Сложность и ответственность решения этих вопросов, каждый из которых в той или иной степени носит прогнозный характер, очевидны, особенно если учесть, что строительство Каракумского канала далеко от завершения, а его ранее построенные участки расширяются и совершенствуются. Такая динамика освоения вод канала и нестабильность его воздействия на природу обязывают ориентироваться не столько на «сегодня», сколько на «завтра», не упуская в то же время из внимания опыт прошлого, т. е. и при рассмотрении вопросов освоения природных ресурсов в зоне влияния Каракумского канала, и при оценке его воздействия на природу необходим историко-географический подход. Такой подход необходим еще и потому, что измененная природная обстановка возникает не сразу, а в результате накопления и суммирования отдельных изменений, для проявления которых в различных крупных физико-географических регионах требуется разное время.

Все сказанное выше определяет содержание данной книги. В ней приводится анализ природных условий по всей трассе канала, причем наибольшее внимание акцентируется на те из них, которые наиболее важны для развития орошения и животноводства. В этом плане природно-мелиоративное районирование выступает как научная основа для выбора подлежащих орошению земель и для планомерного осуществления комплекса мелиораций, обеспечивающих целенаправленное воздействие на природную среду. В заключение приводятся анализ и оценка изменений природной среды, произошедших в зоне влияния первой очереди Каракумского канала.

Особенно актуальным представляется анализ изменений природной среды, которые, как показали наблюдения, в значительной степени определяются фильтрацией вод из канала. Именно потери воды привели к образованию фильтрационных озер, заболоченности, переувлажнению почв, сильному развитию фреатофитов, что в конечном счете обусловило формирование новых для зоны влияния Каракумского канала природных комплексов. Однако имеются аналоги этих комплексов на остальной равнинной части Средней Азии, где исторически сложившееся взаимодействие подземных вод и климатических условий при одинаковой с зоной влияния канала геоморфологической обстановкой привели к естественному образованию заболоченности (сазовая зона) или развитию тугайной растительности.

Анализ состояния природных условий, не испытавших еще влияния канала, дается на основе обобщения всех ранее выполненных и специально проведенных новых исследований, ориентирующихся не только на более глубокое, дифференцированное познание формирования основных компонентов природных комплексов и закономерностей их распределения по отдельным участкам зоны влияния Каракумского канала, но и на комплексное освоение природных ресурсов, требующее строго дифференцированных по территории мелиораций.

Далее рассматриваются пути комплексного освоения зоны влияния Каракумского канала, причем научной основой для дифференциации комплекса мелиораций служит природно-мелиоративное районирование. Одновременно последнее выступает и как метод для выделения районов, в которых следует ожидать качественно однотипных изменений отдельных компонентов природной среды, природных комплексов и природных процессов.

Отсутствие единых методических подходов к природно-мелиоративному районированию в отличие от специализированного, например почвенно-мелиоративного или гидрогеолого-мелиоративного, где наблюдается относительное единство взглядов, привело к необходимости разработки принципов природно-мелиоративного районирования. Они включают учет природной обстановки, особенностей освоения отдельных территорий, перспектив их сельскохозяйственного использования и характеристик самого Каракумского канала, со строительством которого связаны и изменения природной среды, и изменения в использовании природных ресурсов в зоне его влияния.

Анализ изменения некоторых компонентов природной среды вследствие воздействия Каракумского канала, взаимосвязи этих изменений и их последовательности дан только по основному отрезку первой очереди канала. Такая ограниченность исследований была обусловлена рядом причин, в том числе тем, что наиболее полно изменения природной среды пока проявились лишь на этом участке. Кроме того, было необходимо разработать методику исследований и обобщений применительно к такому гигантскому сооружению, как Каракумский канал. Ограниченность выполненных исследований предопределила и их основное целевое назначение: выявление положительных или нежелательных изменений с тем, чтобы усилить первые и свести к минимуму вторые как на участках, где канал еще только предстоит построить, так и на уже построенной трассе, где он будет расширяться и совершенствоваться.

Полученные результаты оценки воздействия переброски вод Амударьи на природную среду Туркмении в зоне влияния канала должны быть учтены и использованы при проработках, связанных с переброской части стока сибирских рек на юг — на равнины Казахстана и Средней Азии. Эта проблема настолько грандиозна, что ее решение невозможно без прогнозных оценок возможных изменений природной среды. В этом плане Каракумский канал выступает как естественная модель, изучение которой должно дать теоретические и методические основы таких прогнозов.

Настоящая монография была задумана бывшим начальником Среднеазиатской комплексной экспедиции Института географии АН СССР С. Ю. Геллером. Он наметил основные направления исследований и осуществлял руководство полевыми, экспериментальными и камеральными работами. К концу 1972 г. им были подведены предварительные итоги исследований, которые нашли отражение в настоящей книге. После смерти С. Ю. Геллера в декабре 1972 г. сотрудники экспедиции продолжили работы в намеченном им направлении, сделав особый упор на оценку изменений природной среды в зоне влияния канала.

Кроме сотрудников Института географии Академии наук СССР, в разработке проблемы приняли участие ученые Института пустынь Академии наук Туркменской ССР (А. Г. Бабаев, Б. Т. Кирста, А. П. Лавров, Н. С. Орловский, С. А. Санин), Туркменского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации (Б. С. Сапаров), Туркменгипроводхоза (К. Ф. Ефремов, Ф. Ф. Файнберг) и Байрамалийской гидрогеологической экспедиции Управления геологии при Совете министров Туркменской ССР (Г. М. Топалов). В процессе работы авторы старались достигнуть единства взглядов, однако не всегда это удавалось, и не все спорные вопросы были решены, что нашло отражение в рассмотрении отдельных задач, связанных главным образом с оценкой.

В научном редактировании отдельных разделов монографии принимали участие М. К. Граве и Б. А. Корнилов.

НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ КАРАКУМСКОГО КАНАЛА им. В. И. ЛЕНИНА И ИСТОРИЯ ЕГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Строительство Каракумского канала было жизненно необходимо для всестороннего развития хозяйства Туркменской ССР — самой южной из республик Советского Союза. Ее площадь достигает 488,1 тыс. *км*², из которых 85% приходятся на равнины, причем большую часть занимают Каракумы. Туркмения обладает большими запасами тепла и значительными земельными ресурсами, но более чем скромными водными ресурсами, располагающимися к тому же на крайнем востоке республики. Там протекает р. Амударья, ее воды и поступают в Каракумский канал, который пересечет всю Туркмению с запада на восток.

В 1974 г. Туркменская ССР отметила свой 50-летний юбилей. За время, прошедшее с начала образования республики, ее облик неузнаваемо изменился. Достигнуты большие успехи во всех областях народного хозяйства. Созданы новые отрасли промышленности — нефтяная, газовая, химическая, энергетическая, текстильная, машиностроительная и ряд других, появились новые оазисы, города и поселки, искусственные водные магистрали и водохранилища.

Значительные изменения произошли в сельском хозяйстве Туркмении, имеющем земледельческо-животноводческое направление. Площадь орошения (на местном и транзитном стоке) с 260 тыс. *га* в 1925 г. увеличилась до 855 тыс. *га* в 1975 г. Посевы хлопчатника за этот же период возросли с 63 тыс. до 487,6 тыс. *га*, а валовой сбор — с 70 тыс. до 1077 тыс. *т*. Пятилетний план 1971—1976 гг. по производству хлопка перевыполнен в республике почти на 900 тыс. *т*. Значительно увеличилось производство и других видов сельскохозяйственной продукции. В развитии орошения особенно большие изменения произошли после майского (1966 г.) Пленума ЦК КПСС. За прошедшие после него годы площадь орошения увеличилась на 326 тыс. *га*.

Местные водные ресурсы Туркмении чрезвычайно ограниченны. Суммарная величина среднемноголетнего годового стока местных водных источников едва достигает 3 млрд. *м*³, а его доля, приходящаяся на 1 *га* сельскохозяйственных угодий,— всего 30 *м*³ (наименьший показатель в СССР). Площадь орошения, базировавшаяся до проведения Каракумского канала на местном стоке, составляла 110—160 тыс. *га*, причем водообеспеченность была и неустойчивой, и недостаточной, а в прикопетдагских районах воды не хватало не только для орошения, но и для обеспечения населенных пунктов.

Несмотря на проведение больших работ по сезонному регулированию стока Мургаба, Теджена и Атрека, сельское хозяйство на юге Туркмении долгое время оставалось вследствие значительных колебаний водности рек крайне нестабильным и малорентабельным. Даже сейчас в крупные промышленные города западных районов республики — Небит-Даг, Красноводск, Казанджик, Кизыл-Арват, Челекен, а также более мелкие населенные пункты сельскохозяйственные продукты завозятся из других районов. В Юго-Западной Туркмении при благоприятных климатических условиях и наличии огромного свободного земельного фонда, превышающего 1 млн. *га*, из-за недостатка воды орошается всего 5—7 тыс. *га*,

занятых преимущественно кормовыми культурами. Основной источник орошения в этой части Туркмении — р. Атрек — имеет ограниченный сток с резкими колебаниями по годам и неблагоприятным сезонным распределением.

В целом сельское хозяйство всей Южной Туркмении отличалось до проведения канала неустойчивостью и бесперспективностью развития.

Ограниченность запасов внутренних вод Туркмении сдерживала, а порой исключала возможность развития и других отраслей народного хозяйства, в первую очередь разработку богатых запасов таких полезных ископаемых, как нефть, газ и различное химическое сырье.

Дальнейшее развитие хозяйства Туркменской ССР можно было обеспечить только при подаче в ее внутренние районы вод Амударьи, среднемноголетний сток которой в створе Керки составляет 63,8 млрд. $м^3$. Эта проблема была решена со строительством Каракумского канала, обеспечивающего орошение плодородных земель, обводнение пустынных пастбищ, водоснабжение городов и промышленных центров, организацию около них сельскохозяйственной базы и мест массового отдыха, развитие рыбного хозяйства, создание водного пути.

Мобилизация водных ресурсов Амударьи для использования их в Туркмении — одно из основных звеньев водохозяйственных схем Амударьи. Как известно, такие схемы составлялись неоднократно, непрерывно совершенствуясь в соответствии со стремительным техническим прогрессом в гидротехническом и мелиоративном строительстве. Во всех схемах использования амударьинских вод, включая разработанную в последнее время схему бассейна Аральского моря, рассмотренную и одобренную заинтересованными республиками и учитывающую уже вступившие в строй на правом берегу Амударьи такие своеобразные гидротехнические системы, как Аму-Бухарский и Каршинский каналы, осуществляющие переброску стока Амударьи в оазисы Узбекской ССР, Каракумский канал выступает как уникальное сооружение.

С Каракумским каналом неразрывно связано развитие всех производительных сил Туркмении, в значительной степени предопределяющее общее экономическое развитие республики, а также улучшение социальных условий жизни населения южных районов.

К 1975 г. были сданы в эксплуатацию три очереди Каракумского канала. Он протянулся от Амударьи через Мургабский и Тедженский оазисы вдоль северной подгорной равнины Копетдага до Геок-Тепе. Общая длина его достигла 837 *км*, ширина в пределах первой очереди — примерно 100 *м*, а скорость течения — 0,5—1 *м/сек*. В настоящее время ведется строительство пионерного канала четвертой очереди от Геок-Тепе до Кизыл-Арвата; готовится проект, предусматривающий подачу воды на запад до Казанджика, а впоследствии и до Атрекского оазиса (Юго-Западная Туркмения).

В зоне Каракумского канала расположены крупные города с развитой промышленностью, в том числе столица республики — г. Ашхабад. На базе водных ресурсов канала создаются новые предприятия, обеспечивается водоснабжение газовой промышленности, железной дороги и многих других объектов.

Площадь земель, пригодных для орошения, достигает в зоне канала 4,3 млн. *га*. Климатические условия позволяют выращивать здесь наиболее ценные сорта хлопчатника (тонковолокнистые), фруктов и винограда, а в юго-западных районах — тонковолокнистые сорта хлопчатника первого типа и некоторые субтропические культуры, в том числе оливковое дерево, которое даже в условиях «голодных» поливных норм хорошо развивается и дает богатый урожай плодов.

Ввод в строй Каракумского канала неузнаваемо преобразил сельское хозяйство Мургабского, Тедженского и Прикопетдагского оазисов. Эти изменения можно охарактеризовать следующими данными.

В 1958 г., до пуска Каракумского канала, общая площадь орошения на территории, входящей ныне в зону его влияния, составляла 166 тыс. *га*, в 1975 г. она возросла до 514 тыс. *га*, а производство хлопка увеличилось с 132 до 455,4 тыс. *т*. Высокая водообеспеченность позволила ввести нормальные севообороты и создала устойчивую базу для развития не только хлопководства, но и животноводства, овощеводства, садоводства, потребности которых в воде в маловодные годы ранее в той или иной степени не удовлетворялись в связи с необходимостью обеспечения в первую очередь основной отрасли — хлопководства. Удельный вес водных ресурсов Каракумского канала в общих водных ресурсах его зоны, составлявших 5,14 млрд. $м^3$, достиг в 1971 г. 83%.

Трудно переоценить роль канала и в обводнении пастбищ, которое осуществляется не только в зоне его непосредственного влияния; ведется строительство водоводов в глубь Каракумов.

В Каракумском канале и в его водохранилищах появилось много рыбы. Это позволило развить промысловое рыбоводство на Келифских озерах и Хаузханском водохранилище. Теперь свежая рыба поступает в города республики. Канал и водохранилища стали местообитанием многочисленных водоплавающих птиц, как гнездящихся здесь, так и отдыхающих при перелетах.

За период работы канала по 1974 г. включительно за счет использования его вод выращено 2800 тыс. *т* хлопка-сырца.

Все производственные затраты на строительство канала и освоение земель окупились в процессе его строительства, и к началу 1972 г. чистая прибыль составила 1016,1 млн. руб. (Саркисов, 1976).

Экономическое положение колхозов значительно укрепилось, что сказалось на повышении культурного уровня сельскохозяйственного производства и жизни населения.

Коренным образом улучшилось водоснабжение городов и более мелких населенных пунктов, а также снабжение городского населения сельскохозяйственными продуктами. Сам канал и водохранилища на нем стали излюбленным местом отдыха жителей столицы и других городов республики.

Однако, отмечая успехи, достигнутые в результате строительства канала, нельзя забывать о некоторых связанных с ним неблагоприятных явлениях и необходимости изыскивать пути к их устранению или уменьшению. В частности, для сведения к минимуму потерь на фильтрацию на некоторых участках канала будет сделано противофильтрационное покрытие. Усиление процесса засоления почв, обусловленное резким повышением уровня грунтовых вод, ликвидируется с помощью горизонтального и вертикального дренажа. Понижение уровня грунтовых вод в результате проведения подобных мероприятий ожидается в северной части Ашхабада, где в последнее время уровень грунтовых вод заметно повысился.

Большие перспективы для ликвидации нежелательных последствий воздействия Каракумского канала открываются с организацией в зоне его влияния крупных специализированных хозяйств, осваивающих сразу огромные массивы земель, а не разбросанные небольшие участки, как это практиковалось до сих пор. Такие хозяйства, как известно, обеспечивают высокую эффективность агротехнических и мелиоративных мероприятий — научно обоснованную ирригационную подготовку земель, включающую планировку, прогрессивный закрытый дренаж, борьбу с весьма активными в зоне влияния Каракумского канала сорняками, маневренность орошения и выбор наиболее перспективных для орошения объектов.

Решение этих и некоторых других вопросов, связанных с наиболее эффективным ирригационным освоением пустынных земель и рациональным использованием водно-земельных ресурсов в оазисах, возможно

лишь на основе комплексных стационарных и экспедиционных исследований природно-мелиоративных условий в зоне влияния Каракумского канала и происшедших здесь за время его существования изменений отдельных компонентов природной среды.

Не последнюю роль в выяснении причин появления неблагоприятных последствий может дать всестороннее изучение истории создания, строительства и освоения Каракумского канала. Полученные материалы помогут решению многих вопросов не только регионального (для зоны канала), но и общего значения, которые возникнут при переброске в Среднюю Азию части стока сибирских рек.

Над проблемой переброски амударьинской воды через песчаную пустыню Каракумы в маловодные южные районы Туркмении задумывались с давних пор. В 1906—1907 гг. инженером М. Н. Ермолаевым были впервые проведены изыскания и составлен проект орошения земельных массивов площадью в 186 тыс. *га* в бассейнах Мургаба и Теджена.

В последующие годы над этой проблемой работали инженеры Б. Х. Шлегель, М. Ф. Моргуненков, Г. К. Ризенкампф и ряд других (Гринберг, 1963). Трудность ее решения заключалась в необходимости пересечения пустыни Каракумы с ее сложным рельефом, тяжелыми климатическими условиями, бездорожьем и безводьем. В то время при больших объемах работ без государственного финансирования, мощной строительной техники и хорошо разработанных методов инженерных расчетов выполнение этой задачи было нереально. Но сам факт, что эта проблема привлекала внимание многих специалистов в течение долгого времени, свидетельствует о том, насколько она актуальна и жизненно необходима. Проектные проработки прошлого были использованы и помогли правильно решить многие вопросы, возникшие при практическом разрешении проблемы переброски амударьинской воды в южные районы Туркмении.

Разрабатываемая для Каракумского канала генеральная схема увязывается с использованием водных ресурсов Амударьи в других районах в виде схем комплексного использования ее водных ресурсов. Осуществление этих схем позволит довести орошаемые площади в зоне Каракумского канала до 1 млн. *га* (Мелиорация земель в СССР, 1975).

Строительство канала проводится в несколько очередей. Закончено сооружение трех очередей, характеристика их приводится ниже. В 1974 г. начались работы на четвертой очереди канала.

Первая очередь Каракумского канала — Амударья — Мургаб. Для этой очереди естественным рубежом был бассейн Мургаба, однако при проектировании учитывалась ближайшая перспектива развития строительства, которое должно было охватить бассейн Теджена и значительную часть Прикопетдагской равнины. Проектом первой очереди (технический проект был утвержден в 1951 г.) предусматривалась подача амударьинской воды до Мургаба для орошения в его дельте дополнительных 88 тыс. *га*.

Общая длина первой очереди канала —397 *км*, отрезок в 300 *км* проходит по песчаной пустыне. Русло канала не облицовано. Годовой расход достигал 130 $м^3/сек$, а годовой сток, забираемый из реки,—3,5 млрд. $м^3$. Согласно проекту на питание из Каракумского канала был переключен Босага-Керкинский канал, головная часть которого на протяжении 30 *км* использовалась как первоначальное русло Каракумского канала.

Строительство Каракумского канала было начато в 1954 г., и уже в 1959 г. амударьинская вода пришла в Мургабский оазис, оросив 33 тыс. *га* земель, что значительно улучшило положение, создавшееся вследствие маловодья Мургаба. На целинных землях в подкомандной каналу зоне было создано три хлопководческих совхоза с посевной площадью 30,5 тыс. *га* и один плодо-виноградарский площадью 2,5 тыс. *га*. Остальная часть земель в оазисе осваивалась колхозами с вовлечением

в оборот внутрихозяйственных перелогов и пустующих целинных участков.

До строительства Каракумского канала в Мургабском оазисе орошалось в зависимости от водности года и состава культур от 80 до 100 тыс. *га*. Среднемноголетний годовой сток Мургаба позволял оросить 82 тыс. *га*. С учетом площади земель, которая должна орошаться водами канала, общая площадь орошаемых земель в бассейне Мургаба после строительства первой очереди определялась в 170 тыс. *га*. В 1975 г. фактическая площадь орошения составила 212 тыс. *га*, т. е. превысила проектную на 42 тыс. *га*.

Вторая очередь канала — Амударья — Теджен. Водообеспеченность орошаемых земель в Тедженском оазисе была значительно хуже, чем в Мургабском. При наличии более 700 тыс. *га* пустующих плодородных земель здесь орошалось в средние по водности годы 27 тыс. *га*, но случались годы, когда стока в реке совсем не было, и тогда посевы гибли. Канал от Мургаба до Теджена был построен в очень короткий срок — всего за семь месяцев. Этот отрезок канала строился с привлечением средств и механизмов колхозов. Осенью 1960 г. амударьинская вода дошла до р. Теджен.

По проекту второй очереди был предусмотрен прирост площади орошаемых земель в Тедженском оазисе в 72 тыс. *га*, т. е. общая площадь орошения увеличивалась здесь до 99 тыс. *га*. Длина канала достигла 535 *км*; общая длина нового участка составила 138 *км*, отрезок канала длиной в 70 *км* проходит по песчаной пустыне. После реконструкции канала первой очереди максимальный годовой расход увеличился до 198 $м^3/сек$, а водозабор из Амударьи — до 4,7 млрд. $м^3$. С целью использования свободного осенне-зимнего стока Каракумского канала было построено Хаузханское водохранилище емкостью 460 млн. $м^3$, что позволило заметно сократить пропускную способность канала выше водохранилища. В окончательном виде вторая очередь канала вошла в строй в 1966 г. В Тедженском оазисе было создано два хлопководческих совхоза с общей площадью земель 18 тыс. *га*, остальные земли осваивались существующими колхозами. Площадь прироста новых орошаемых земель в бассейне Теджена составила 72 тыс. *га* (Мелиорация земель в СССР, 1975).

Третья очередь канала — Амударья — Геок-Тепе. Сначала для улучшения водоснабжения Ашхабада и его промышленного спутника Безмеина и расширения пригородной сельскохозяйственной базы был построен по самостоятельному проекту пионерный канал Теджен — Ашхабад длиной 258 *км*. Максимальный расход в голове этого канала у р. Теджен равнялся 13,7 $м^3/сек$, у Ашхабада — 6 $м^3/сек$, длина канала — 258 *км*. Около Ашхабада были построены два водохранилища — Западное объемом 48 млн. $м^3$ и Восточное — 6,3 млн. $м^3$. Строительство пионерного канала было начато в 1961 г., а в мае 1962 г. жители столицы Туркмении уже встречали амударьинскую воду.

Строительство третьей очереди канала началось в 1966 г. Проектом предусматривалось орошение 50 тыс. *га* новых земель северной подгорной равнины Копетдага и переустройство 20 тыс. *га* из 36 тыс. *га* земель существующего орошения в условиях нормального водообеспечения. Головной расход Каракумского канала после соответствующей реконструкции первой и второй очередей и пионерного канала был доведен до 317 $м^3/сек$. Годовой объем воды, забираемой из реки, достиг 8,3 млрд. $м^3$. Общая длина канала увеличилась до 837 *км*, протяженность участка от Ашхабада до Геок-Тепе составила 44 *км*. Емкость Хаузханского водохранилища возросла до 875 млн. $м^3$. Ирригационное освоение земель происходит на высоком техническом уровне (закрытая или лотковая оросительная сеть, закрытый горизонтальный или вертикальный дренаж).

Из 50 тыс. *га* земель нового орошения 29,5 тыс. *га* осваиваются на плодородных целинных землях подгорной равнины вблизи с. Гяур. Здесь организуются новые совхозы — два хлопководческих, два животноводческих и один плодо-виноградарский.

Сооружение третьей очереди канала позволило повысить водообеспеченность Мургабского и Тедженского оазисов на общей площади в 130 тыс. *га*. Для этого в Мургабском оазисе по специальному проекту был построен машинный канал мощностью 50 *м*³/*сек* с каскадом из трех насосных станций для перекачки воды из Каракумского канала в верхнюю часть дельты Мургаба до Гиндукушского водохранилища на общую высоту 30 *м*.

Общая проектная площадь орошения по трем очередям составляла 240 тыс. *га*, а вместе с площадью орошения на местном стоке в зоне канала должно было орошаться 355 тыс. *га* земель. Поскольку в 1972 г. в этой зоне уже орошалось 418 тыс. *га*, то в 1971—1973 гг. проводились работы по увеличению пропускной способности канала. В результате головной расход стал превышать 400 *м*³/*сек*, и в 1975 г. орошалось 514,4 тыс. *га*.

По отдельным проектам в это время было начато строительство Копетдагского водохранилища и пионерного канала четвертой очереди — от Геок-Тепе до Кизыл-Арвата. Водохранилище вступило в строй в 1975 г. Оно расположено севернее Геок-Тепе и является концевым на отрезке третьей очереди канала. Копетдагское водохранилище, емкость которого достигает 219 млн. *м*³, в том числе полезная 190 млн. *м*³, регулирует осенне-зимний сток для подачи его на орошение по пионерному каналу.

Проект четвертой очереди канала Амударья — Казанджик составлен комплексно. Он включает строительство самого канала, водохранилищ и освоение земель, а также водоснабжение городов и промышленности, транспортное использование канала от Амударьи до Ашхабада, организацию мест отдыха. Освоение земель предусматривается проводить на площади в 450 тыс. *га* на высоком техническом уровне. Емкость Копетдагского водохранилища предполагается довести до 550 млн. *м*³, забор воды из Амударьи составит 13,5 млрд. *м*³.

Продолжение канала на запад осуществляется пионерным каналом Геок-Тепе — Кизыл-Арват. В перспективе в начале Каракумского канала будет построено крупное Головное Зеидское водохранилище емкостью 3,5 млрд. *м*³.

Ведущееся строительство четвертой очереди Каракумского канала при расходе воды в голове канала, равном 580 *м*³/*сек*, обеспечит орошение земель площадью в 424 тыс. *га* во всех зонах от Мургаба до Атрека, из них 90,9 тыс. *га* составит прирост новых земель (Мелиорация земель в СССР, 1975; Саркисов, 1976).

Размещение орошаемых земель показано на рис. 1.

В процессе проектирования и строительства всех очередей Каракумского канала было необходимо решить при отсутствии опыта возведения крупных сооружений в специфических условиях песчаной пустыни ряд сложных вопросов. Это следующие вопросы: инженерное решение водозабора из Амударьи с учетом изменчивости русла реки, большой мутности воды и других особенностей; выбор такого планового и высотного положения канала, чтобы обеспечивались необходимые командные отметки над орошаемыми землями и наименьшие объемы работ в сложных условиях рельефа; осуществление расчета потерь воды из канала с достаточной точностью и надежностью; разработка мер защиты русла канала от заноса эоловыми песками и зарастания; определение целесообразного режима работы канала при большой его длине и др.

Как известно, Амударья протекает по малоустойчивым грунтам и при большой скорости течения нередко размывает значительные участки береговой полосы, а в межень, отлагая наносы, образует острова. В этих

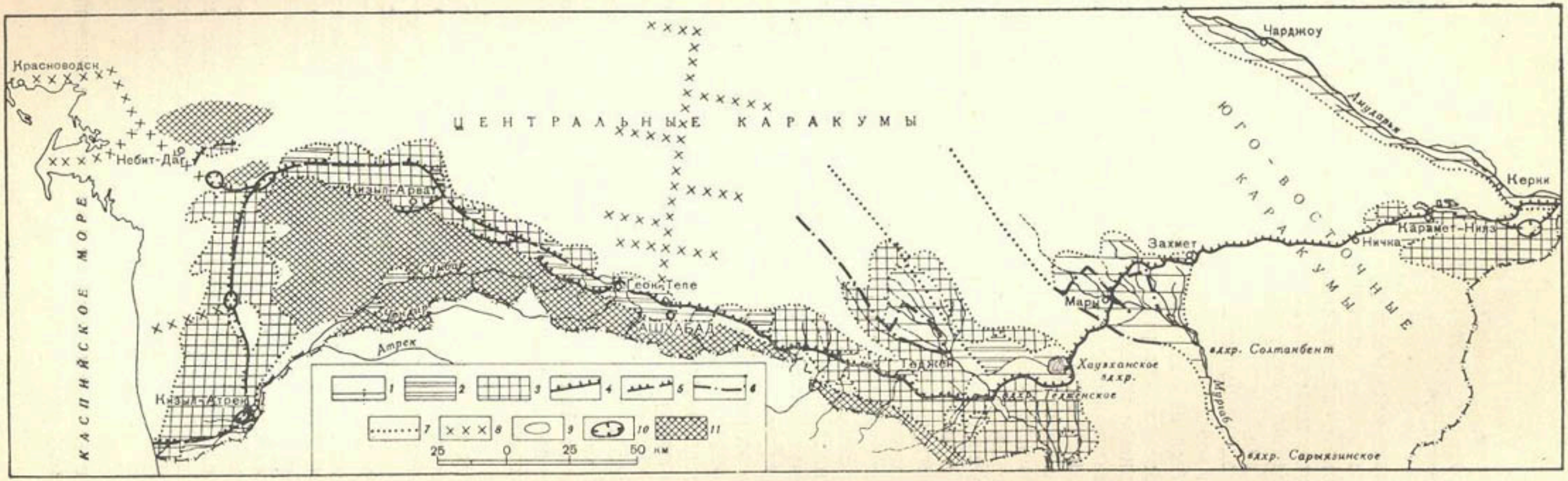


Рис. 1. Схема освоения земель в зоне Каракумского канала

1 — земли существующего орошения;
2 — то же, намеченные к орошению до 1980 г.;
3 — то же, перспективные для орошения;
4 — ирригационные каналы существующие;
5 — то же, проектируемые;
6 — коллекторы существующие;
7 — то же, проектируемые;
8 — водоводы проектируемые;
9 — водохранилища существующие;
10 — то же, проектируемые;
11 — горные территории

условиях лучшим видом водозабора был бы плотинный, создающий гарантию нормальной работы канала. Однако стоимость плотины в несколько раз превышала стоимость строительства самого канала первой очереди, и на ее проектирование и сооружение требовалось много времени.

Это заставило искать надежные способы бесплотинного забора воды, используя опыт эксплуатации имевшихся небольших водозаборных сооружений на Амударье и модельные исследования различных схем водозабора. В результате модельных исследований была доказана возможность гарантированного забора воды без плотины в пределах до 40% расходов реки в межень, а высокая динамичность русла требовала устройства нескольких водозаборных каналов, объединяющихся в головном сооружении вне зоны возможного размыва.

Для водозабора был избран наиболее устойчивый участок берега в районе местечка Босага, который по своему высотному положению обеспечивает необходимое командование. Многолетний опыт эксплуатации Каракумского канала показал отсутствие нарушений в плановой водоподаче (максимальный водозабор достигал 370 *м³/сек*), а все затруднения, возникавшие с водозабором вследствие изменчивости русла, устранялись благодаря мощной землеройной технике. Но на определенном уровне эксплуатации канала придется перейти на плотинный водозабор, который в настоящее время уже проектируется.

Для регулирования наносов, поступающих из реки в канал (мутность воды в Амударье достигает иногда 10—15 *кг/м³*), была принята схема с озерными отстойниками. В этом случае только часть (20%) крупных фракций наносов отстаивается в подводящих каналах с последующим их удалением землесосами, а остальная масса наносов транспортируется в озерные отстойники. Для них были использованы после обвалования естественные понижения Келифского Узбоя. Емкость озерных отстойников при необходимости может быть увеличена, а для четвертой очереди строительства канала их роль будет выполнять Головное Зеидское водохранилище. Таким образом, впервые была предложена и осуществлена схема многоголового водозабора с озерными отстойниками, позволившая достигнуть при строительстве и эксплуатации канала большой экономии.

Наиболее сложными и спорными для проектировщиков являлись вопросы выбора трассы канала. Правильное решение их должно было обеспечить наиболее целесообразное управление земельным фондом, сведение объема работ до возможного минимума, надежность действия канала, наилучшие условия организации строительства и производства работ.

При выборе трассы на участке Амударья — Мургаб представлялось заманчивым воспользоваться руслом Келифского Узбоя, которое прослеживается вплоть до железной дороги Чарджоу — Мары. Поэтому в большей части проектных проработок прошлых лет в той или иной мере фигурировал Келифский Узбой. Однако стремление оставить подкомандной возможно бóльшую площадь земель в дельте Мургаба заставило использовать Келифский Узбой лишь в верхнем отрезке, а затем повернуть трассу на юг, в песчаную пустыню.

Наиболее удачным оказалось положение так называемого южного варианта трассы, обеспечивающего возможность самотечного орошения более 100 тыс. *га* земель в дельте Мургаба и около 400 тыс. *га* — в дельте Теджена. Келифский Узбой использовался лишь в той степени, которая обеспечивала создание озерных отстойников и максимально возможное снижение объема земляных работ за счет естественной ложбины.

Варианты с более высоким гипсометрическим положением канала значительно увеличивали объем выемок под русло.

Кроме определения общего направления трассы, весьма ответственным был выбор наилучшего ее положения в сложном рельефе песчаной пустыни. Используя под ложе канала котловины, межгрядовые и межбарханные понижения, сводя к минимуму объем выемок и обвалований, проектировщики пошли на создание естественных разливов и озер, чередующихся с искусственными прорезями, что сильно удешевило и ускорило строительство.

При проектировании второй очереди канала между Мургабом и Тедженом выбор направления трассы и ее высотного положения также был альтернативным. Имелись предложения, обеспечивающие значительное удешевление и ускорение строительства канала при помощи так называемого нижнего варианта. В этом случае трасса обходила 70-километровый участок песчаной пустыни со сложным рельефом и располагалась ближе к транспортным магистралям. Но при этом значительно сокращалась подкомандная площадь не только в дельте Теджена, но и на подгорной равнине Копетдага.

Поэтому был избран верхний вариант, по которому хотя и пересекался трудный участок песчаной пустыни, но одновременно обеспечивались благоприятные условия для устройства Хаузханского водохранилища, регулирующего свободный сток канала и обеспечивающего большие площади орошения. После того, как были успешно преодолены трудности проведения канала через песчаную пустыню при строительстве первой очереди, наличие сравнительно небольшого песчаного участка, который следовало пересечь при строительстве второй очереди, не могло явиться серьезным препятствием.

Аналогичные вопросы возникали и при составлении проекта третьей очереди канала. В частности, предлагался вариант трассы как продолжение Хаузханского магистрального канала. Однако этот вариант приводил к потере каналом командных отметок на подгорной равнине Копетдага. Поэтому проектировщики остановились на южном варианте, по которому трасса шла в обход этого водохранилища.

При проектировании Каракумского канала необходимо было уделить особое внимание расчету фильтрационных потерь, поскольку его трасса на значительном протяжении пересекает песчаную пустыню с водопроницаемыми грунтами и глубоко залегающими грунтовыми водами. Существовавшие методы расчета не давали возможности предсказать размеры потерь и тем более изменение их во времени, а также количественно оценить влияние фильтрации на уровень грунтовых вод. А. Т. Морозовым был разработан относительно точный метод расчета потерь на фильтрацию путем графоаналитического численного интегрирования дифференциальных балансовых уравнений в конечных разностях неустановившегося режима фильтрации (Иомудский, 1974). Этот метод позволил предсказать не только величину потерь воды на фильтрацию, но и изменение ее во времени, а также изменение режима грунтовых вод. Было выяснено, что фильтрационные потери со временем должны значительно уменьшаться.

Фактическая величина потерь, установленная наблюдениями за режимом канала за годы эксплуатации, хорошо согласуется с расчетной, что подтвердило правильность выбранной методики. Так, расчетная величина потерь по трем очередям канала равна 2 млрд. $м^3$/*год*, а фактическая величина составляла в 1971 г. 1,9 млрд. $м^3$, расчетные потери из водохранилищ — 588 млрд. $м^3$, фактические за 1971 г.— 280 млн. $м^3$.

Значение произведенных расчетов фильтрационных потерь заключалось еще и в том, что установление сравнительно небольшой их величины подтверждало возможность строительства канала в земляном русле. Выполнение бетонной облицовки было малореальным из-за резкого увеличения объема, стоимости и сложности сооружения. Земляной канал можно по мере надобности расширять, что сейчас и делается, бетонный

САНИИРИ БИБЛИОТЕКА

же канал следовало строить с учетом перспективы последующего увеличения расходов воды в голове канала, что значительно увеличивало первоначальный объем работ и стоимость строительства.

В настоящее время при наличии транспортной магистрали, накопленного опыта строительства в пустыне, квалифицированного коллектива строителей облицевать канал бетоном — задача технически выполнимая, но пока не своевременная. Лишь когда мы подойдем к максимально возможному использованию водных ресурсов Амударьи, будет оправдано проведение всего комплекса противофильтрационных мероприятий, которые к тому времени станут более рациональными и будут обходиться дешевле. По трассе канала четвертой очереди уже предусматривается облицовка канала на участках, проходящих в сильно фильтрующих грунтах.

Режим работы канала запроектирован круглогодичным. Это связано с необходимостью обеспечить круглогодичное судоходство, которое в условиях пустыни в настоящее время является самым дешевым и надежным средством передвижения, доставки грузов и инспекции канала; очень важно в течение всего года сохранить рыбные запасы и использовать канал как источник не только орошения, но также водоснабжения и обводнения. Таким образом, перерыв в работе канала допускать нельзя. Кроме того, при осушении канала возникнет опасность заноса его эоловым песком и оползания откосов, поэтому станет необходимым заполнение ложа в период, когда река имеет наименьшие расходы; возникнут трудности с водозабором.

Круглогодичная работа канала связана с пропуском воды и в осенне-зимний период, когда сельское хозяйство в ней не нуждается. Эта вода аккумулируется водохранилищами и расходуется летом. Таким образом, водохранилища позволяют полнее использовать пропускную способность канала и оросить дополнительную площадь без соответствующего увеличения водозабора в летний период. Колебания уровня воды в канале благодаря водохранилищам сглаживаются, что улучшает условия его эксплуатации и судоходства. Таким образом, круглогодичная работа канала оказалась наиболее целесообразной.

Для разработки мер защиты отрезков канала, проходящих в песках, от воздействия ветра в лабораториях Института пустынь Академии наук Туркменской ССР проводились модельные исследования схем защиты. Натурные наблюдения показали, что не все участки канала подвержены заносам. На тех же участках, где опасность заноса реальна, борьба с дефляцией и заносом осуществляется при помощи таких средств, как фитомелиорация (посадка кустарников и посев песколюбивых трав), озеленение, пескоукрепительные работы и охранные мероприятия по защите растительности вдоль канала. Пескоукрепление запроектировано и выполняется не только посредством давно известных клеточных защит, но и путем сплошной устилки ветками саксаула поверхности дамб и откосов канала. Особое внимание уделялось защите дамб, так как от их устойчивости зависит безаварийная работа канала.

Уже в первые годы эксплуатации канал стал сильно зарастать водорослями и тростником, что снизило его пропускную способность. Первоначально борьба с зарастанием велась путем механической очистки русла, однако работа эта была очень трудоемкой и не давала необходимых результатов. Тогда было проведено углубление русла до 5,5—6 *м*; кроме того, в канале акклиматизировались такие травоядные рыбы, как белый амур и толстолобик, для которых условия естественного размножения в канале оказались благоприятными. Эти меры позволили значительно снизить процесс зарастания русла.

В настоящее время Каракумский канал судоходен на участке Амударья — Мургаб. По проекту четвертой очереди он станет судоходным до Ашхабада.

Обычно на судоходных каналах производится крепление откосов камнем, бетоном или другими материалами для защиты от разрушительного действия судовых и ветровых волн. Дорогостоящее крепление откосов для Каракумского канала экономически не оправдывалось, однако и отказываться от судоходства в условиях бездорожья песчаной пустыни было нельзя. В качестве дешевого способа было предложено устройство пологих неукрепленных волноустойчивых откосов как на водохранилищах, так и в канале. Они проектировались на основе соответствующих теоретических расчетов и обобщения натурных наблюдений. На крупных водоемах и водохранилищах выполнены откосы с параметрами 1:25—1:30, при более высоких дамбах — 1:35—1:40, а на канале — 1:8—1:12 (в верхней части откоса). При полном отсутствии местных строительных материалов выполаживание дало большой экономический эффект. Этот положительный опыт был в дальнейшем использован на ряде крупных водохранилищ Туркмении.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАНАЛА

Каракумский канал начинается на левом берегу Амударьи в районе пос. Босага. Головное сооружение расположено в 3—4 *км* от реки. Забор воды осуществляется с помощью трех каналов-отстойников. Кроме того, построен судоходный шлюз с отдельным подводящим каналом от Амударьи. На протяжении примерно 360 *км* канал имеет широтное направление, далее он протягивается на юго-запад и пересекает р. Мургаб. На участке между Мургабом и Тедженом канал сначала сохраняет юго-западное направление, затем поворачивает на запад, в 537 *км* от головного сооружения пересекает р. Теджен ниже Второго Тедженского водохранилища и следует в северо-западном направлении по подгорной равнине Копетдага (до г. Геок-Тепе).

На протяжении 30 *км* от головного сооружения Каракумский канал проложен по руслу Босага-Керкинского канала, построенного в 1928 г. Ниже, на отрезке до 105-го километра, для прокладки канала использованы русло бывшего Келифского сброса из Босага-Керкинского канала и соединенные прорезями солончаковые котловины Келифского Узбоя. Путем обвалования котловин на участке 50—105 *км* создан ряд озер-отстойников. Площадь зеркала этих озер, получивших название Келифских, при максимальном горизонте воды составляет около 70 $км^2$ (Коган, Кошкалда, 1960; Сапаров, 1963). По расчетам З. И. Шаровой (Гринберг, 1963), полное заиление этих озер произойдет через 20 лет.

После выхода из Келифского Узбоя канал пересекает песчано-глинистую равнину Юго-Восточных Каракумов, которая со 160-го километра начинает постепенно переходить в песчаную. На отрезке от 180 примерно до 300 *км* для уменьшения объема земляных работ под канал были использованы естественные понижения. В результате их заполнения водой образовался ряд озер и разливов. Ширина некоторых озер достигала 2000 *м*, а длина —500—3000 *м*. В дальнейшем часть этих озер и разливов заилилась или была отсечена дамбами.

Ниже 310-го километра канал выходит на песчано-глинистую равнину древней дельты Мургаба и на 397-м километре пересекает его примерно в 4 *км* выше г. Мары. Далее до 420-го километра канал проходит по культурной зоне Мургабского оазиса, затем прорезает участок грядовых песков, слабо закрепленных растительностью. На 456-м километре расположен отвод в Хаузханское водохранилище, для которого использованы естественное понижение оврага Шор-Кала и низина Хаузхан. Подача воды из водохранилища на орошаемые земли Тедженского оазиса осуществляется магистральным каналом длиной более 60 *км*.

Каракумский канал огибает Хаузханское водохранилище с юга и ниже 474-го километра выходит в дельту Теджена. На 533-м километре он пересекает р. Теджен, а затем, примерно с 601-го километра, следует по северной подгорной равнине Копетдага до Геок-Тепе, в районе которого заканчивается Копетдагским водохранилищем.

Для исключения последствий возможных аварий при прорыве дамб и запланированных сбросах воды, а также для сокращения времени опоражнивания и наполнения отдельных участков Каракумского канала первая очередь его первоначально была разделена на пять бьефов с пе-

регораживающим сооружением и водосбросом. По мере строительства последующих очередей канала и увеличения расходов воды уклоны дна и водной поверхности стали меньше, горизонты воды снизились и сейчас находятся в основном ниже поверхности земли. В связи с этим пока необходимость в сбросном сооружении сохранилась только при подходе к Мургабскому оазису на 326-м километре канала.

Общее число водозаборов из Каракумского канала довольно велико. В настоящее время они укрупняются с расчетом на группы водопользователей. Для орошения не подкомандных каналу земель построен ряд насосных станций. Наиболее крупная из них, с расходом 50 *м³/сек*, находится в районе пос. Захмет (319-й километр). По машинному каналу длиной 46 *км* насосы подают воду в Гиндукушское водохранилище на Мургабе. Таким образом, обеспечивается поступление амударьинской воды на те земли оазиса, которые до сооружения водоподъема орошались из Мургаба. Кроме того, вода из канала забирается на орошение многочисленными насосами, принадлежащими совхозам и колхозам. По мере упорядочения водовыделов из Каракумского канала эти насосы предполагается ликвидировать.

Для обеспечения судоходства на участке Амударья — Мургаб при выходе из Келифских озер создан судоходный шлюз, а на перегораживающих сооружениях — судоходные пролеты. В местах пересечения Каракумским каналом оросительной сети построены дюкеры. На отрезке третьей очереди канала для пропуска паводкового стока (селей), формирующегося после выпадения ливней на северо-восточном склоне Копетдага, устроены селепропускные сооружения. Характерной особенностью Каракумского канала является наличие водохранилищ, общий объем которых в 1972 г. составлял 1130 млн. *м³*. Они обеспечивают аккумуляцию осенне-зимнего стока. Это необходимо в связи с тем, что спады и подъемы водоподачи на орошение не согласуются с внутригодовыми колебаниями стока Амударьи, особенно если учесть время добегания головных расходов по длине канала. Для первых трех очередей канала время добегания составляет 10—20 суток, а для последующих увеличится до одного — полутора месяцев.

С помощью Каракумского канала не только производится переброска вод Амударьи в мало обеспеченные водой районы Туркмении, но и улучшается использование стока Мургаба и Теджена. В многоводные годы и во время прохождения максимальных расходов избытки стока этих рек сбрасываются в канал, а в маловодные годы дефицит воды для орошения земель, обычно поливаемых из Мургаба и Теджена, восполняется за счет вод канала.

По своим размерам и по величине расходов воды Каракумский канал превосходит все реки Туркмении, за исключением Амударьи, и по существу является искусственной рекой. Достаточно сказать, что средний годовой расход воды в голове канала в 1975 г. превысил 400 *м³/сек*. Это почти в 4,4 раза больше суммарного среднего многолетнего расхода Мургаба, Теджена и Атрека в совокупности (табл. 1).

Таблица 1

Поверхностные источники орошения на юге Туркмении (Кирста, 1975)

Река	Среднегодовой расход, *м³/сек*
Мургаб (у Тахта-Базара)	49,8
Теджен (у моста Пулихатум)	29,6
Мелкие речки Копетдага и Атрек	10,0
Амударья (у Керки)	1960
Каракумский канал (головное сооружение) 1975 г.	400

Более подробно взаимодействие и различные характеристики Каракумского канала в связи с гидрологическими особенностями западных районов Средней Азии даются в других наших работах (Кирста, 1975, 1976).

Расходы воды

Расходы воды в Каракумском канале вследствие его поэтапного строительства непрерывно увеличивались (рис. 2).

Различия в режиме Амударьи, Каракумского канала, Мургаба и Теджена иллюстрирует рис. 2. Для исключения значительных колебаний расходов и горизонтов как в голове, так и по длине канала водозабор в него предусмотрен более или менее равномерным. В периоды, когда количество необходимой для орошения воды превосходит величину водозабора, дефицит пополняется за счет аккумулируемого в водохранилищах свободного осенне-зимнего стока. Таким образом, они являются как бы своеобразными подпорными сооружениями с большой зоной влияния, обеспечивающими необходимые расходы воды и наполнение канала при неравномерном водозаборе из него. Сооружение водохранилищ позволило примерно на 20—30% уменьшить максимальную пропускную способность канала и значительно увеличить коэффициент его использования (табл. 2 и 3).

Таблица 2

Средние годовые расходы воды на различных участках канала, $м^3/сек$ *

Год	Нижний бьеф головного сооружения	Расстояние от головного сооружения								
		70 км	105 км	182 км	212 км	256 км	284 км	320 км	323 км	400 км
1959	106	88,1	82,4	78,3	71,6	67,1	46,4	35,5	31,9	—
1960	123	104	90,2	87,8	81,2	70,3	65,0	57,6	54,2	—
1961	130	115	105	99,0	95,3	83,8	79,4	72,4	68,1	—
1962	142	132	112	105	100	93,5	90,0	83,6	78,1	38,7
1963	158	144	125	115	—	106	104	99,6	92,7	
1964	156	160	136	127	—	120	118	—	111	55,6
1965	(176)	(172)	150	—	—	—	—	—	125	—
1966	194	193	170	—	—	—	—	—	142	—
1967	210	—	180	—	—	—	—	—	147	—
1968	(226)	—	—	—	—	—	—	—	149	100
1969	201	—	174	—	—	—	—	—	136	97,8
1970	(252)	—	—	—	—	—	—	—	168	—
1971	(278)	—	—	—	—	—	—	—	189	—
1972	(273)	—	—	—	—	—	—	—	(181)	—
1973	(298)	—	—	—	—	—	—	—	(173)	—
1974	(298)	—	—	—	—	—	—	—	(205)	—

* В этой и последующих таблицах в скобках приведены приближенные значения.

Наиболее полны и надежны измерения расходов и подсчеты стока по головному сооружению; полученные здесь УГМС и Управлением эксплуатацией Каракумского канала данные достаточно близки. По створам, расположенным ниже, наблюдаются существенные отклонения. Так, расхождение в измерении величины расходов на одном из постов в 35% случаев превышало 10%, а в двух случаях (6%) составляло 65—85%.

В 1968 г. отклонение в средней годовой величине расхода воды достигало 11 $м^3/сек$ и превышало 330 млн. $м^3/год$. Такая приближенность

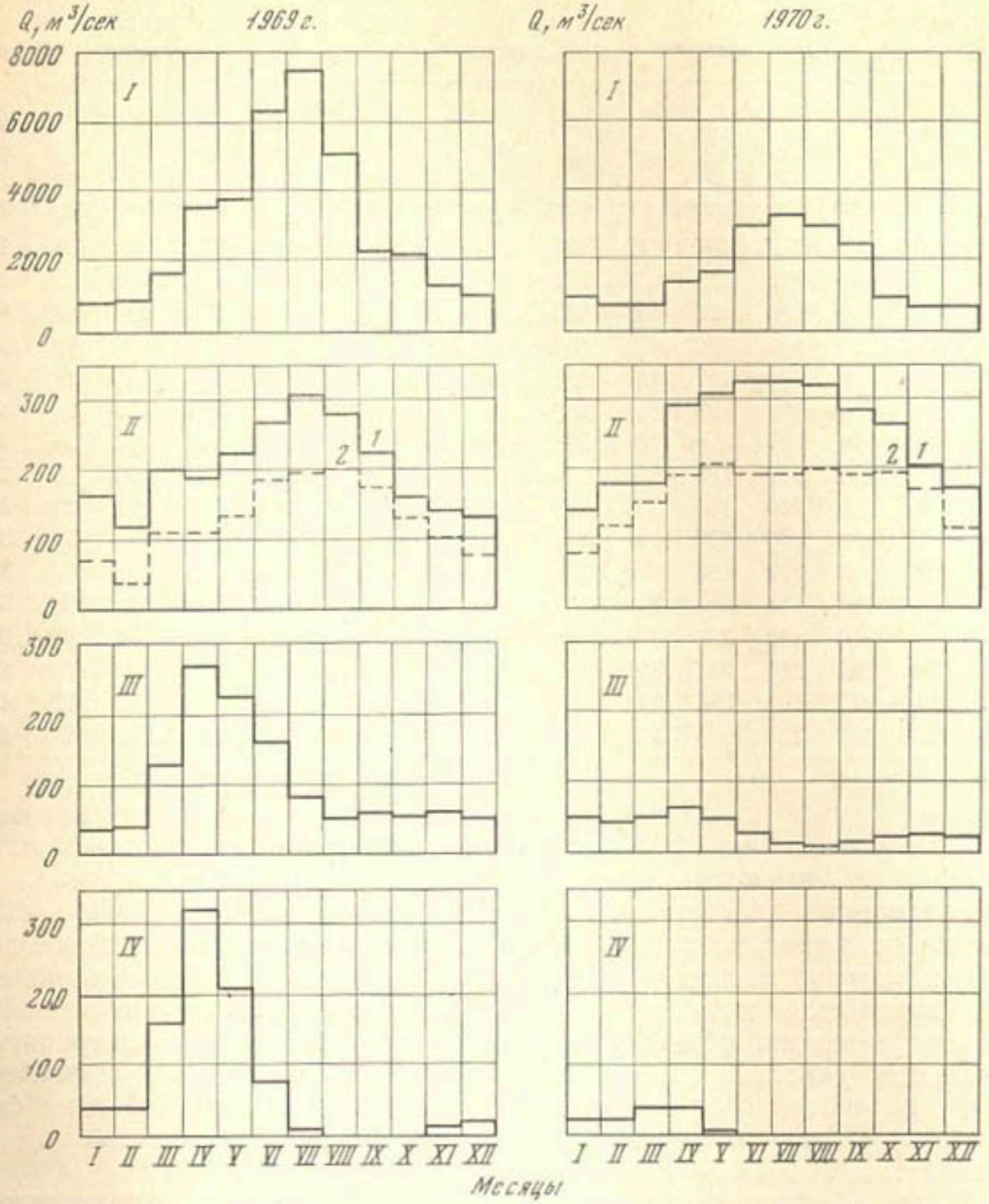


Рис. 2. Среднемесячные расходы воды

I — Амударья у Керки; *II* — Каракумский канал: *1* — нижний бьеф головного сооружения, *2* — 326-й километр; *III* — Мургаб у Тахта-Базара; *IV* — Теджен у моста Пулихатум

учета стока не может не сказываться на нормальной эксплуатации канала. Поэтому необходимо повысить точность измерения и подсчета стока Каракумского канала, что позволит улучшить его эксплуатацию.

Русловой водный баланс

Расходы воды по постам, расположенным ниже головного сооружения, характеризуют фактический сток канала в конкретных пунктах. При расчете на основании данных этих постов руслового баланса и потерь воды необходимо учитывать водозабор из канала. Общее число различных водовыделов от головы Каракумского канала до Ашхабада превышает 70. Наиболее крупными из них являются Босага-Керкинский канал, машинный оросительный канал с каскадом из 3 насосных станций, подпитывающий Мургаб, и водовыдел в Хаузханское водохранилище.

Таблица 3

Средние месячные расходы воды в нижнем бьефе головного сооружения, $м^3/сек$

Год	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Год	Наибольший расход
1959	83,8	82,4	95,4	104	111	121	138	144	125	101	82,8	84,7	106	148
1960	95,8	101	112	125	138	153	156	168	120	101	102	101	123	185
1961	90,3	110	126	123	143	167	170	162	146	118	105	104	130	176
1962	119	116	145	149	150	161	171	168	154	129	120	116	142	178
1963	123	138	151	157	153	168	189	182	162	128	143	138	153	205
1964	105	139	159	153	162	186	194	190	182	116	147	137	156	216
1965	(127)	161	177	(167)	192	208	219	207	185	153	171	142	(176)	225
1966	161	186	177	186	203	235	234	228	182	183	180	176	194	266
1967	178	205	210	199	223	262	271	278	226	148	139	175	210	294
1968	(189)	190	233	238	247	260	278	(270)	(235)	196	197	181	(226)	305
1969	163	120	199	188	225	268	308	282	226	161	141	132	201	360
1970	147	180	181	268	291	315	308	315	274	246	189	165	240	378
1971	200	270	182	286	326	350	356	357	266	238	247	252	278	365
1972	236	184	211	257	346	361	370	375	326	211	227	170	273	380
1973	178	275	192	356	341	379	386	392	352	288	255	178	298	420
1974	225	254	226	276	326	379	397	377	315	282	281	231	298	425

Необходимо также иметь в виду, что, кроме постоянных водозаборов и насосных станций на ряде участков Каракумского канала, как уже указывалось, имеются более мелкие насосные установки, принадлежащие отдельным хозяйствам. Учет общего количества воды, забираемого ими на орошение, затруднителен. Кроме того, в отдельные годы может происходить не только водозабор, но и пополнение стока в канале за счет мургабских и тедженских вод. Поэтому расчет водного баланса и определение как общих потерь, так и потерь воды на фильтрацию по отдельным участкам канала, особенно ниже его выхода в Мургабский оазис, потребовало организации специальных исследований. Они были выполнены Туркменским институтом гидротехники и мелиорации (ТуркменНИИГиМ) в 1957—1963 гг.

В табл. 4 приведен рассчитанный на основе данных этих исследований русловой водный баланс характерных участков Каракумского канала.

В отдельные годы в приходной и расходной частях руслового баланса отмечалось неравенство за счет сработки или накопления воды в приходной части (например, в 1959 г. на участке 50—105 *км*, оно составило 0,40 $м^3/сек$) или за счет накопления воды в русле в расходной части (например, в 1961 г. на участке 50—105 *км* оно равнялось 0,46 $м^3/сек$).

При расчете руслового водного баланса величина испарения с водной поверхности определялась с учетом данных специальных наблюдений за испарением с открытой и заросшей водных поверхностей (Сапаров, Минаева, 1965; Лещинский, Сапаров, 1969; Сапаров, 1970) и данных ближайших гидрометеорологических станций. Расход воды на испарение получен как произведение величин испарения на площадь водного зеркала рассматриваемого участка канала. Для расчета прихода воды за счет выпавших осадков использовались наблюдения ближайших к характерным участкам канала метеорологических станций.

Расходы регулирования вычислялись исходя из уровней воды в канале и зависимости площадей водного зеркала от горизонтов воды. Расходы в начале и конце участков, а также величина водозабора определялись по измеренным вертушками расходам воды с помощью построения

Таблица 4

Русловой водный баланс, $м^3/сек$

Участок канала, км	Год	Приходная часть		Расходная часть				Баланс—приход равен расходу
		расход в начале участка	осадки на участке	расход в конце участка	водозабор на участке	потери воды на испарение	потери воды на фильтрацию	
0,7—50	1959	107,57	0,02	95,49	7,84	0,17	4,09	107,59
	1961	130,17	0,02	117,50	8,34	0,18	4,17	130,19
	1963	152,57	0,02	138,29	9,90	0,19	4,21	152,59
50--105	1959	95,49	0,43	84,17	—	4,85	7,30	96,32
	1961	117,50	0,31	104,69	—	5,37	7,29	117,81
	1963	138,29	0,40	126,53	—	4,58	7,31	138,69
105—180	1959	84,17	0,04	78,33	0,87	0,37	4,64	84,21
	1961	104,69	0,03	99,17	0,67	0,38	4,50	104,72
	1963	126,53	0,04	120,71	1,36	0,37	4,13	126,57
180—212	1959	78,33	0,06	71,01	—	0,52	6,95	78,48
	1961	99,17	0,04	92,86	—	0,52	5,80	99,21
	1963	120,71	0,05	115,12	—	0,46	5,36	120,94
212—310	1959	71,01	0,06	35,68	—	0,61	34,78	71,07
	1961	92,86	0,05	67,93	—	0,64	24,34	92,91
	1963	115,12	0,06	94,84	—	0,64	19,70	115,18
400—457*	1961*	25,21	—	18,86	—	0,09	6,26	25,21
397—457	1963	47,04	0,01	38,53	0,90	0,14	7,48	47,05
457—533	1963**	16,02	0,01	12,20	0,96	0,08	2,79	16,03
535—793	1963	12,37	0,02	2,87	4,71	0,19	4,62	12,39

* За январь—июль и сентябрь—декабрь

** За январь—май и октябрь—декабрь.

зависимостей $Q=f(H)$, хронологических графиков расходов и других общепринятых в гидрометрии способов подсчета ежегодных расходов (Сапаров, 1969, 1971).

После 1963 г. регулярного изучения водного баланса Каракумского канала ТуркменНИИГиМ не проводил. Однако основываясь на данных Управления эксплуатацией Каракумского канала, Б. Сапаров, В. А. Новицкий и В. В. Кондинов рассчитали русловой водный баланс канала за 1968—1970 гг. Для уточнения расходов воды институтом на отдельных участках производились их эпизодические измерения, что позволило в какой-то мере уточнить значения средних месячных и годовых расходов воды Каракумского канала (табл. 5).

Отраженное в табл. 6 неравенство в некоторые годы в приходной и расходной частях водного баланса имеет такую же генетическую основу, как и в табл. 5, т. е. накопление или сработку воды в русле.

Как следует из табл. 5, в водном балансе Каракумского канала потери воды на испарение имеют некоторое значение только на том участке, где канал проходит через Келифские озера (50—105 *км*). На остальных участках они, так же как расходы руслового регулирования и поступление атмосферных осадков, играют в балансе незначительную роль.

Основную часть общих потерь воды в Каракумском канале составляют потери на фильтрацию. На первой очереди канала эти потери при увеличении расходов воды со временем уменьшаются вследствие подъема уровня грунтовых вод и уравнивания гидрологического давления (Сапаров и др., 1970). Обратная картина — увеличение потерь на фильтрацию при возрастании расходов воды — наблюдалась на второй и третьей

Таблица 5

Водный баланс, $м^3/сек$ *

Участок канала, км	Год	Приходная часть		Расходная часть				Баланс—приход равен расходу
		расход в начале участка	осадки на участке	расход в конце участка	водозабор на участке	потери воды на испарение	потери воды на фильтрацию	
0,7—31	1968	251,47	0,01	234,92	13,86	0,10	2,60	251,48
	1969	205,66	0,02	202,24	0,98	0,11	2,35	205,68
	1970	265,03	0,01	260,50	1,81	0,12	2,61	265,04
31—100	1968**	234,92	0,32	222,14	1,68	2,40	9,11	235,33
	1969	202,24	0,52	173,51	18,03	1,53	8,61	202,76
	1970**	260,50	0,16	229,48	17,48	1,80	11,80	260,66
100—182	1968	222,14	0,04	212,59	4,90	0,32	4,37	222,18
	1969	173,51	0,06	167,81	1,52	0,33	3,91	173,57
	1970**	229,48	0,03	219,86	4,80	0,37	4,48	229,51
182—256	1968***	219,00	0,04	210,89	0,67	0,35	7,13	219,04
182—215	1968****	203,62	0,02	197,65	1,00	0,06	4,93	203,64
	1969	167,81	0,04	162,48	1,05	0,12	4,20	167,85
	1970***	219,86	0,01	213,59	1,11	0,16	5,01	219,87
256—327	1968***	210,89	0,03	169,11	28,86	0,29	12,66	210,92
215—327	1968****	197,65	0,06	148,28	29,81	0,36	19,26	197,71
	1969	162,48	0,11	129,78	15,91	0,34	16,56	162,59
	1970**	213,59	0,04	168,86	24,87	0,49	19,59	213,82
327—397	1968	161,64	0,03	102,22	54,01	0,22	5,22	161,67
	1969	143,10	0,06	97,95	40,77	0,18	4,26	143,16
	1970**	171,02	0,02	118,19	47,18	0,25	5,42	171,04
397—457	1968	102,22	0,02	89,34	2,0	0,16	10,74	102,24
	1969	97,95	0,03	86,44	0,98	0,13	10,43	97,98
	1970**	118,19	0,02	106,76	0,45	0,21	10,79	118,21
457—536	1968	43,76	0,02	28,96	10,30	0,17	4,35	43,78
	1969	47,66	0,03	30,56	12,46	0,14	4,53	47,69
	1970**	52,82	0,02	33,49	14,35	0,22	4,68	52,74
536—769	1968	28,96	0,05	11,52	12,36	0,83	4,33	29,01
536—782	1969	30,56	0,08	10,14	14,45	0,26	5,79	30,64
	1970	33,49	0,04	10,53	16,15	0,46	6,39	33,53

* Сработка вод в русле в 1968 г. составила 0,09 $м^3/сек$, а расход воды в 1969 г.—1,08 $м^3/сек$, в 1970 г. —0,10 $м^3/сек$. ** За январь—октябрь. *** За январь—июль. **** За август—декабрь.

Таблица 6

Суммарные потери воды ($м^3/сек$) и коэффициент полезного действия *

Год	Первая очередь		Вторая очередь		Третья очередь	
	Амударья—Мургаб		Амударья—Теджен		Амударья—Ашхабад	
	потери воды *	КПД	потери воды	КПД	потери воды	КПД
1959	71,92	0,33	0	0	0	0
1960	64,16	0,45	0	0	0	0
1961	60,63	0,53	71,13**	0,45	0	0
1962	56,45	0,60	71,58**	0,50	75,45	0,47
1963	54,21	0,64	64,70	0,58	69,51	0,54
1968	46,86	0,81	62,28	0,75	67,89	0,73
1969	42,50	0,79	57,73	0,72	64,00	0,69
1970	52,10	0,80	68,10	0,74	75,17	0,71

* В данные за 1959—1963 гг. включены потери на участке 310—397 км, полученные по балансу грунтовых вод с учетом испарения (Сапаров, 1969).

** По Хаузханскому водохранилищу и Хаузханскому магистральному каналу.

очередях канала. Однако в целом по мере увеличения времени эксплуатации канала потери воды на инфильтрацию и испарение становятся меньше.

Увеличение расходов воды в канале и уменьшение суммарных потерь ее обусловливают повышение КПД канала (табл. 6).

Твердый сток и формирующие русло процессы

При водозаборе в Каракумский канал из Амударьи поступает значительное количество взвешенных наносов. При этом бóльшая часть наиболее крупных фракций осаждается в подводящих каналах еще до головного сооружения. Некоторое представление об этом процессе можно получить по данным об объемах ежегодной очистки подводящих каналов. В 1960 г. он достигал 1750 тыс. $м^3$, в 1961 г.— 1090 тыс., 1967 г.— 4160 тыс., а в 1968 г.— 5160 тыс. $м^3$. Приближенные средние годовые расходы взвешенных наносов по верхнему участку канала (до Келифских озер) и значения средних годовых мутностей приведены в табл. 7, а их средние месячные значения — в табл. 8.

Таблица 7

Средние годовые расходы взвешенных наносов (*кг/сек*) и мутность воды (*кг/м³*) в верхнем участке канала *

Год	Нижний бьеф головного сооружения		50-й километр		70-й километр	
	расход взвешенных наносов	мутность воды	расход взвешенных наносов	мутность воды	расход взвешенных наносов	мутность воды
1960	(210)	1,71	—	—	110	1,06
1961	160	1,23	260	2,28	150	1,30
1962	260	1,83	260	2,05	210	1,59
1963	320	2,09	320	2,30	360	2,50
1964	330	2,12	—	—	390	2,44
1965	220	1,25	—	—	310	1,81
1966	270	1,39	—	—	340	1,76

* Мутность воды получена делением среднего годового расхода взвешенных наносов на расход воды.

Ниже Келифских озер систематическое изучение твердого стока Каракумского канала не производилось и имеются лишь разовые наблюдения за мутностью вод (табл. 9).

Попытка удлинить ряды наблюдений над твердым стоком по зависимости между расходами взвешенных наносов и расходами воды успеха не имела из-за большого разброса точек. Для этого нельзя использовать и связи между расходами взвешенных наносов по смежным постам.

Как видно по данным табл. 7, расхождения даже для средних годовых значений расходов наносов и мутности воды по расположенным поблизости постам могут достигать значительной величины.

Одной из основных причин этого являются наблюдаемые на многих участках канала активные формирующие русло процессы, переработка берегов, изменение продольного и поперечного профилей. На прямолинейных участках, где русло и берега канала сложены легко размывающимися грунтами, начинают вырабатываться типичные для естественных русел рек плёсы и перекаты, проявляется тенденция к меандрированию. Однако их образование местами замедляется в результате работы землесосов, углубляющих, расширяющих и спрямляющих отдельные участ-

Таблица 8

Средние месячные расходы взвешенных наносов, *кг/сек*

Год	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Год
					Нижний бьеф головного сооружения								
1959	(82)	(93)	(180)	(340)	(320)	(370)	(380)	(380)	(230)	(110)	(48)	(52)	(220)
1960	(37)	(39)	(69)	(170)	(560)	(360)	(380)	(510)	(230)	(72)	(53)	(60)	(210)
1961	36	60	110	200	220	230	220	370	240	87	57	55	160
1962	79	180	120	330	560	450	450	410	250	120	78	82	260
1963	76	110	190	300	990	550	560	450	290	140	110	91	320
1964	76	130	230	660	510	540	490	600	390	110	89	82	330
1965	72	110	150	(320)	310	380	470	400	160	92	94	69	220
1966	48	91	130	340	520	570	460	500	250	160	88	57	270
1967	59	74	90	320	550	670	470	580	290	—	—	—	—
					70-й километр								
1959	Нет данных	(11)	(10)	12	14	14	18	28	41	36	25	28	—
1960	23	27	40	67	(140)	180	210	220	150	86	75	65	110
1961	73	83	130	140	160	160	180	280	240	130	140	120	150
1962	130	100	110	200	300	330	280	350	290	190	120	120	210
1963	140	230	290	350	1000	480	430	420	350	210	230	160	360
1964	150	250	340	620	580	520	490	510	480	170	290	260	390
1965	180	230	270	(400)	450	450	450	470	290	180	220	130	310
1966	120	150	250	420	570	320	420	570	390	320	250	240	340
1967	230	260	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

ки русла канала. Как указывает Б. Сарыев (1963, 1971), на отдельных участках канала даже возникает дейгиш [1].

Особенно активное формирование русла происходило на участке между головным сооружением и Келифскими озерами, где борта канала сложены мелкозернистыми и пылеватыми песками, супесями, глинистыми и суглинистыми грунтами. Вначале размыв происходил на отрезке 31—50 *км*, а затем стал передвигаться выше. В результате на участках, сложенных песками, образовались перекаты, плёсы и отмели. Наиболее крупный перекат возник в районе 35-го километра канала, где еще в 1963 г. образовалось два русла.

Увеличение ширины Каракумского канала происходит не только в результате естественных процессов, но и за счет расширения землесосами для увеличения его пропускной способности. По данным Туркменгидропроекта, на некоторых участках его ширина увеличилась с 1960 по 1972 г. в 1,5—2 раза (табл. 10).

Некоторое представление об интенсивности процессов формирования русла на участке между нижним бьефом и 70-м километром дают табл. 11 и 12.

В табл. 11 и 12 не учтено количество наносов, входящих в Босага-Керкинский канал, голова которого находится между нижним бьефом и 70-м километром. Величина среднего годового забора воды в этот канал колебалась за рассматриваемые годы примерно в пределах 7—12 *м³/сек*.

[1] Подмыв и обрушение берега на глубоких участках в результате вертикальной турбулентности потока. Это явление характерно для равнинных рек Средней Азии.— *Прим. ред.*

Таблица 9

Мутность воды и ее изменение по длине Каракумского канала (по данным ТуркменНИИГиМ)

1964 г.			1968 г.			1971 г.		
место отбора пробы, *км* от головного сооружения	дата	мутность воды, *кг/м³*	место отбора пробы, *км* от головного сооружения	месяц	мутность воды, *кг/м³*	место отбора пробы, *км* от головного сооружения	дата	мутность воды, *кг/м³*
397	1 сентября	0,09	12	Июнь	2,53	0,7	Апрель	1,50
457	25 августа	0,08	31	»	2,78	31	»	2,44
475	4 сентября	0,04	36	»	2,98	50	»	2,20
533	22 августа	0,02	40	»	3,41	62	10 мая	1,82
603	11 »	0,11	50	»	3,05	80	10 »	1,79
648	29 июля	0,15	175	»	0,30	87	15 »	0,78
730	8 августа	0,05	210	»	0,12	88	15 »	0,65
			295	»	0,12	92	15 »	0,21
			765—772	Май	0,20	109	20 »	0,024
						102	20 »	0,20
						210	20 »	0,22
						256	25 »	0,16—0,16
						295	25 »	0,83
						317	25 »	0,052
						327	27 »	0,09
						457	29 »	0,13
						535	30 »	0,14
						725	30 »	0,63
						740	30 »	0,58

Таблица 10

Изменение ширины Каракумского канала, *м*

Расстояние от головного сооружения, *км*	1960 г.		1965 г.		1970 г.		1972 г.	
	дата	ширина	дата	ширина	дата	ширина	дата	ширина
0,7	15 июля	48,5	11 июля	61,5	13 июля	76,5	—	—
31	29 »	50,8	15 »	53,0	17 »	73,0	5 июня	77,0
50	7 »	26,3	11 »	40,5	24 мая	46,8	—	47,0
100	15 »	52,4	26 »	57,3	24 июля	63,0	21 сентября	67,0
210	7 »	62,5	6 »	80,0	14 »	112,0	24 »	140,0

После Келифских озер на участке 100—178 *км* активных формирующих русло процессов не наблюдалось. Ниже, после выхода из Средних озер, русло формируется более интенсивно: на участках 208—260 *км* и 260—308 *км* отмечаются его значительное расширение и уменьшение глубин. Некоторое расширение русла происходит также на участках 405—408 и 418—421 *км*.

На верхнем участке Каракумского канала сток взвешенных наносов определяется в основном мутностью вод Амударьи, поступающих в канал. Все наносы задерживаются Келифскими озерами, и из них поступает практически полностью осветленная вода. Согласно данным ТуркменНИИГиМа, на значительном протяжении канала ниже Келифских озер мутность воды не превышает 0,2—0,3 *кг/м³* и только на отдельных участках увеличивается до 0,4 *кг/м³* и несколько больше. На участ-

Таблица 11

Средние месячные и годовые расходы взвешенных наносов, *кг/сек* (1963—1965 гг.)

Пункт наблюдений	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Год
Нижний бьеф головного сооружения	75	110	190	430	600	490	510	480	280	110	98	81	290
70-й километр	160	240	300	460	68	480	460	470	370	190	250	180	350
Разность *	85	130	110	30	80	—10	—50	—10	90	80	152	99	60
	113	118	58	7,0	13	2,0	9,8	2,1	32	73	155	122	21

* В знаменателе—в % по отношению к расходам в нижнем бьефе.

Таблица 12

Разность расходов наносов между нижним бьефом и 70-м километром *

Год	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Год
1960	—14	—12	—29	—103	—42(	—180	—170	—290	—80	14	22	5	—110
	—38	—31	—42	—61	—75	—50	—45	—57	—35	19	42	8,3	—52
1961	37	23	20	—60	—60	—70	—40	—90	0	43	83	85	—10
	103	38	18	—30	—27	—30	—18	—24	0	49	145	154	—6,3
1962	51	—80	—10	—130	—260	—120	—170	—60	40	70	42	38	—50
	65	—44	—8,3	—39	—46	—27	—38	—15	16	58	54	46	—19
1963	64	120	100	50	10	—70	—130	—30	60	70	120	69	40
	84	109	53	17	1,0	—13	—23	—6,7	21	50	109	76	12
1964	74	120	100	—40	70	—20	0	—90	90	60	201	178	60
	97	92	48	—6,1	14	—37	0	—15	23	55	226	217	18
1965	108	220	120	(80)	140	70	—20	70	70	88	126	61	110
	150	100	80	(25)	45	184	—43	17	44	96	134	88	50
1960—1965 Заиление или размыв канала, млн. *т*	0,86	0,95	0,83	—0,53	—1,39	—1,01	—1,42	—1,31	0,47	0,92	1,54	1,17	1,08

* В числителе — в *кг/сек*, в знаменателе — в % по отношению к расходам в нижнем бьефе.

ках, где наблюдаются более активные процессы формирования русла или производятся работы по расширению или спрямлению канала землесосами, мутность заметно возрастает. Однако это явление имеет местный характер, и значительная часть образовавшихся взвешенных наносов снова отлагается, особенно в расширенных участках канала, вследствие чего происходит заиление некоторых разливов и озеровидных расширений.

По фракционному составу взвешенные наносы в верхней части Каракумского канала, как и следовало ожидать, довольно близки к наносам Амударьи. Однако содержание крупных фракций в них меньше, так как значительная часть их осаждается в подводящих каналах. Так, фракций 0,1 *мм* в наносах канала в 2—3 раза меньше, чем в наносах Амударьи (Кирста, 1973). Интересно отметить, что данные по гранулометрическому составу наносов подтверждают наличие значительных

Таблица 13

Средний гранулометрический состав взвешенных наносов Амударьи и Каракумского канала

Диаметр частиц, *мм*	Содержание частиц, % по весу												
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Год
Амударья—водозабор судоходной части Каракумского канала, 1959—1964 гг.													
1,0—0,5							0,0			0,6			
0,5—0,2	4,2	3,3	2,8	8,0	0,5	1,3	0,7	2,0	3,6	8,5	3,4	4,2	3,5
0,2—0,1	20,2	13,1	6,9	5,8	5,1	4,8	5,9	12,3	13,3	11,8	14,2	9,6	10,3
0,1—0,05	19,1	16,2	11,4	6,8	8,8	9,8	12,2	12,3	15,2	13,6	18,3	17,3	13,4
0,05—0,01	31,4	31,6	34,6	30,5	38,5	45,1	46,2	37,0	37,7	32,8	38,5	30,5	36,2
0,01—0,005	10,0	18,6	24,0	21,9	23,3	17,4	17,9	18,9	16,2	11,0	7,5	8,7	16,3
<0,005	26,1	17,2	20,3	27,0	23,8	21,6	17,1	17,5	14,0	21,7	18,1	29,7	31,7
Число анализов	3	4	6	7	7	6	9	7	4	5	1	4	63
Каракумский канал—нижний бьеф головного сооружения, 1959—1967 гг.													
1,0—0,5	0,1	0,2	—	0,0	0,1	0,1	0,0	0,2	—	0,1	0,1	0,1	0,1
0,5—0,2	1,7	2,2	1,2	1,9	2,2	0,6	0,4	0,4	0,4	1,1	0,9	3,3	1,4
0,2—0,1	7,3	7,8	4,5	1,9	3,6	2,5	2,2	2,0	2,2	5,6	5,3	5,2	4,3
0,1—0,05	13,3	15,6	9,7	5,4	9,5	9,1	9,1	12,3	15,3	16,6	13,5	12,1	11,8
0,05—0,01	45,5	41,0	36,6	31,5	37,9	46,2	47,9	40,8	42,6	44,4	46,0	46,1	42,2
0,01—0,005	10,2	10,9	19,9	26,9	22,5	20,6	19,5	25,4	16,5	13,7	17,0	14,3	18,0
<0,005	32,9	22,3	28,1	32,4	24,2	20,9	20,9	18,9	23,0	18,5	17,2	18,9	33,2
Число анализов	4	7	4	8	5	6	5	4	4	6	4	6	63
Каракумский канал, 70-й километр, 1959—1967 гг.													
1,0—0,5	0,2	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	0,0
0,5—0,2	2,2	3,6	0,9	2,0	3,0	1,2	0,6	0,7	1,3	2,2	3,0	3,9	2,1
0,2—0,1	14,2	12,1	8,9	6,3	4,5	5,5	3,6	3,7	7,0	12,0	11,2	14,5	8,6
0,1—0,05	20,7	12,9	12,9	6,5	8,2	11,2	8,3	11,3	15,7	18,2	18,3	15,4	13,3
0,05—0,01	34,0	33,0	30,7	28,7	38,7	40,7	39,0	44,0	43,9	37,3	36,1	37,0	36,9
0,01—0,005	10,9	16,7	19,3	26,8	18,9	15,6	18,3	18,8	14,4	11,6	12,9	12,3	16,4
<0,005	28,8	21,6	27,3	29,7	26,7	25,8	30,2	21,5	17,7	18,7	18,5	16,8	33,7
Число анализов	4	9	7	8	6	8	5	8	7	7	8	9	86

деформаций русла на верхнем участке канала. Здесь наблюдаются некоторое увеличение содержания фракций 0,05—0,01 *мм* вниз по течению и достаточно стабильное содержание более мелких наносов (табл. 13).

Химический состав воды

Химический состав воды Каракумского канала систематически изучался на 31-м, 50-м и 70-м километрах, а после выхода канала из Келифских озер — на 105-м километре и в нижнем бьефе головного сооружения.

В связи с тем, что режим канала в основном является искусственным и определяется потребностями в воде для орошения, то наблюдающаяся на Амударье связь между расходами воды и ее минерализацией в канале не прослеживается. Поэтому ниже приводятся средние значения минерализации и ионного состава вод канала за год, полученные как среднее арифметическое из данных всех анализов (табл. 14).

Таблица 14

Химический состав воды, *мг/л*

Участок канала	Годы	Пределы минерализации	Число анализов	Ca^{++}	Mg^{++}	$Na^{+}+K^{+}$	HCO_3	SO_4	Cl	NO_3	NO_2	Сумма	Фосфаты	Кремний	Железо	Жесткость		Окисляемость $мгO_2/л$	
																общая	постоянная	переменная	бихроматная
Нижний бьеф головного сооружения	1958—1968	Среднегодовая	61	67,9	18,1	87,0	128,7	154,4	107,3	2,22	0,005	563,2	0,031	4,9	0,56	8,87	5,41	2,3	10,5
		При наибольшей минерализации 21.II 1966 г.		84,3	29,4	158,0	151,2	279,4	163,0	4,00	0,009	869,3	0,003	3,6	0,08	6,63	4,31	2,3	—
		При наименьшей минерализации 20.VIII 1968 г.		42,5	10,0	25,0	83,0	72,5	38,0	1,00	0,002	272,0	0,000	1,6	0,08	2,94	1,79	7,8	8,0
50-й километр	1960—1963, 1967, 1968	Среднегодовая	19	66,5	15,7	84,3	121,5	154,4	97,6	1,92	0,005	541,2	0,038	4,0	0,04	10,1	6,17	2,0	11,5
		При наибольшей минерализации 22.XI 1968 г.		76,1	6,4	203,0	69,5	301,9	175,2	5,00	0,004	837,1	0,028	2,4	0,05	4,33	3,44	4,3	10,1
		При наименьшей минерализации 3.VII 1962 г.		46,9	8,9	28,2	69,5	84,8	43,6	3,50	0,002	285,4	0,010	7,0	0,00	8,60	6,99	1,0	13,7
70-й километр	1958—1961, 1965, 1966	Среднегодовая	35	65,4	17,7	85,9	123,3	162,9	103,8	2,01	0,005	544,2	0,028	4,5	0,86	10,6	6,60	2,6	—
		При наибольшей минерализации 15.III 1961 г.		74,9	27,9	170,0	142,7	203,6	221,0	0,75	0,003	840,9	0,134	2,3	0,03	16,9	10,8	3,7	—
		При наименьшей минерализации 18.IX 1958 г.		46,5	12,0	29,8	97,0	73,3	49,0	—	—	307,6	—	4,4	0,96	9,41	2,52	1,6	—
105-й километр	1958—1968	Среднегодовая	68	69,0	18,2	87,5	115,5	155,3	109,9	1,68	0,010	591,0	0,018	3,2	0,14	10,0	6,32	2,8	13,1
		При наибольшей минерализации 16.III 1965 г.		79,5	28,4	182,0	149,4	250,6	207,9	3,00	—	900,8	0,011	0,8	0,04	6,31	4,09	1,2	3,5
		При наименьшей минерализации 15.IX 1958 г.		41,7	11,4	31,5	79,9	77,4	48,3	—	—	290,2	—	3,1	0,20	8,48	5,38	3,4	—

Химический состав вод и минерализация не остаются постоянными, а изменяются как в течение года, так и в многолетнем разрезе, что определяется в основном химизмом вод Амударьи. Вниз по каналу происходит некоторое увеличение общей минерализации воды за счет вымывания солей и потерь на испарение, особенно значительных в озерах. Несколько меньшая минерализация воды на 50-м и 70-м километрах по сравнению с нижним бьефом головного сооружения объясняется малым количеством анализов, в частности их отсутствием в феврале, апреле и октябре, когда минерализация воды выше.

Ниже 105-го километра увеличение минерализации должно продолжаться, однако отсутствие постоянных наблюдений не позволяет установить его количественные характеристики.

Некоторое представление о минерализации воды ниже Келифских озер и ее изменении по длине канала дает табл. 15, составленная на основании разовых проб, отобранных сотрудниками ТуркменНИИГиМа (1959, 1964, 1965 гг.) и экспедицией Института географии Академии наук СССР в 1972 г.

Таблица 15

Минерализация воды, *мг/л*

Место отбора пробы, *км*	Дата	Минерализация
	1959 г.	
125-й	10 октября	308,3
170-й	14 »	388,2
178-й	14 »	323,0
212-й	14 »	253,1
225-й	14 »	208,1
236-й	13 »	342,4
304-й	9 »	327,7
310-й	9 »	249,9
320-й	13 »	244,5
	1964 г.	
397-й	2 сентября	360,1
439-й	24 августа	383,8
493-й	28 »	305,4
662-й	26 »	778,6
756-й	8 сентября	436,7
У входа в Хаузханское водохранилище	22 августа	309,0
Хаузханский магистральный канал у выхода из водохранилища	6 сентября	1289,0
	1965 г.	
395-й	28 мая	687,5
453-й	11 июня	572,5

Таблица 15 (окончание)

Место отбора пробы, км	Дата	Минерализация
	1965 г.	
476-й	14 »	462,5
493-й		492,5
533-й	22 мая	607,5
Хаузханский магистральный канал у выхода из водохранилища	10 июня	1087,5
	1972 г.	
70-й	25 августа	368
Ничка	27 »	346
Байрам-Али	28 »	366
Душак	30 »	398
В 17 км выше Ашхабада	2 сентября	426
Ашхабадское водохранилище, восточный берег	5 »	946

В ближайшем будущем, по-видимому, нет оснований ожидать резкого увеличения минерализации воды в Каракумском канале, поскольку осваиваемые площади в основном располагаются ниже канала, и ни сбросные, ни дренажные воды не смогут в него попадать. Кроме того, на большем протяжении канал питает подземные воды, а не наоборот. Некоторое увеличение минерализации вод канала может, по-видимому, произойти после строительства головного водохранилища. Увеличение минерализации возможно в результате дренирования земель, расположенных выше канала на отдельных участках подгорной равнины Копетдага.

Однако в пределах третьей очереди канала оно не существенно, так как здесь подземные воды в большинстве случаев имеют незначительную минерализацию.

Особо стоит вопрос об изменении качества воды в Каракумском канале за счет влияния биогенных процессов, происходящих в озерах и водохранилищах. Незначительные скорости течения и заиление создают условия для их зарастания, а также для развития планктона и цветения воды. Это не может не отразиться на ее вкусовых качествах. Уже в настоящее время ниже Келифских озер в некоторые периоды года в воде чувствуются затхлость и болотный привкус. Поэтому при проектировании водоснабжения населенных пунктов за счет воды из Каракумского канала необходимо предусматривать соответствующие методы ее очистки.

Ледовые явления

Наблюдения за ледовыми явлениями на Каракумском канале проводились с 1964 по 1967 г. В нижнем бьефе головного сооружения в 1964 г. в течение 20 суток наблюдались забереги, сало и шуга, на 70-м километре они сохранялись 15 суток, а на 105-м —12 суток, из которых в течение четырех суток был ледостав. В 1967 г. ледовые явления были менее продолжительны: на 105-м километре они отмечались в течение двух суток.

В очень суровые зимы 1968/69 и 1971/72 гг. наблюдения за ледовыми явлениями на Каракумском канале не проводились. Но так как на Амударье в районе головы канала эти явления в 1968/69 г. продолжались 23, а в 1971/72 г.—28 суток, то на канале, в котором масса воды и скорость течения значительно меньше, чем в Амударье, продолжительность ледовых явлений не могла быть меньше, чем на реке. Зимой 1971/72 г. на Келифских озерах вследствие ледостава отмечалась гибель зимующих водоплавающих птиц. Однако в теплые, а отчасти и в средние зимы ледовых явлений не бывает вообще или они очень непродолжительны. Так, за 15 лет, с 1958 по 1972 г., они наблюдались на канале или Амударье в районе его головы лишь четыре раза: в 1964, 1967, 1969 и 1972 гг.

ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И РЕЛЬЕФ

Каракумский канал, используя естественное снижение поверхности от 250 *м* на Амударье до —28 *м* у Каспийского моря, пересекает с востока на запад разнообразные по геологическому строению равнинные пространства Южной Туркмении. Вся эта территория имеет общий уклон к западу, в среднем составляющий 0,25 *м/км*. Одновременно отмечается понижение местности с юга — от передовых хребтов Копетдага и холмогорий Бадхыз и Карабиль на север.

Действующая часть канала проходит через Юго-Восточные Каракумы[1] и идет по Прикопетдагской подгорной равнине, с севера обрамленной песчаной пустыней Центральные Каракумы. Западный (проектируемый) отрезок канала выйдет через Данатинский коридор, протягивающийся между Копетдагом и горным массивом Малый Балхан, на Западно-Туркменскую равнину. Здесь общее понижение поверхности к югу — к пограничной р. Атрек — сочетается с уклонами западного направления — от гор к побережью Каспийского моря. Такое распределение уклонов обеспечивает как самотечность канала на всем его протяжении, так и возможность подачи воды самотеком на обширную подкомандную ему территорию.

Равнины Южной Туркмении относятся к аккумулятивным, на большей части территории они имеют четвертичный возраст. Накопление осадков происходило здесь в результате аллювиальных, пролювиальных и отчасти эоловых процессов. Северная периферия Бадхыза и Карабиля, которая также пересечена каналом, является позднеплиоценовой. Суммарная мощность четвертичных и плиоценовых отложений, как правило, достигает многих сотен и даже нескольких тысяч метров. Это объясняется тем, что равнины приурочены к тектонически погруженным зонам, испытывающим и новейшие опускания.

Восточная часть канала расположена в зоне сочленения эпигерцинской платформы Туранской плиты и альпийской геосинклинальной области (Копетдаг и Бадхыз-Карабильские предгорья Паропамиза). В этой зоне различают Восточно-Туркменский краевой прогиб с Карабиль-Келифской впадиной, сменяющейся на западе Предкопетдагским краевым прогибом (Годин, 1969).

Согласно более поздним схемам тектонического районирования южный склон Туранской плиты выделяется под названием Южно-Туркменской краевой зоны, в которую входят Бахардокская и Мары-Учаджинская моноклинальные области, а также Мургабская впадина. При этом Предкопетдагский прогиб включается в альпийскую геосинклиналь (Вальбе и др., 1972). Обширная область альпийского прогибания — Западно-Туркменская депрессия — расположена между западным Копетдагом и Каспийским морем. Здесь пройдет проектируемая часть канала пятой очереди. Мощность неоген-четвертичного комплекса в центре депрессии достигает 7—8 *м*.

---

[1] По линии железной дороги Мары — Чарджоу пустыню Низменные Каракумы условно делят на Центральные и Юго-Восточные Каракумы.

Геофизическими исследованиями и бурением на рассматриваемой территории выявлен ряд региональных разломов; некоторые из них в настоящее время обновились и находят косвенное отражение в особенностях строения рельефа.

Тектоническое устройство территории во многом предопределяет ее морфоструктуру и учитывается ниже при геоморфологическом районировании.

Геоморфологическое районирование

Зона канала пересекает с востока на запад следующие геоморфологические области и районы (рис. 3).

I. Юго-Восточные Каракумы — область аккумулятивных равнин, сформированных речными и временными потоками, стекавшими преимущественно с Паропамиза (Афганистан).

Районы: 1. Современная долина Амударьи. 2. Плейстоценовая аллювиально-дельтовая равнина североафганских рек. 3. Древняя (плиоценовая) аллювиально-пролювиальная равнина северного склона Карабиля, переработанная эоловыми процессами.

В эту область входит также восточный край Низменных Каракумов, которые рассматриваются ниже.

II. Субаэральные дельты Мургаба и Теджена.

Районы: 4. Дельтовая равнина Мургаба. 5. Древняя (плиоценовая) аллювиально-пролювиальная равнина северного склона Бадхыза, переработанная эоловыми процессами. 6. Дельтовая равнина Теджена.

III. Центральные Низменные Каракумы — древнеаллювиальная равнина пра-Амударьи, переработанная эоловыми процессами, обрамляющая с севера зону канала между Амударьей и Казанджиком.

IV. Область северной пролювиальной подгорной равнины Копетдага.

Районы: 7. Подгорная равнина восточного Копетдага. 8. Подгорная равнина центрального Копетдага. 9. Подгорная равнина северо-западного Копетдага и Малого Балхана.

V. Область Западно-Туркменской аккумулятивной равнины.

Районы: 10. Западно-Копетдагская пролювиальная подгорная равнина. 11. Дельтовая равнина Атрека. 12. Морские равнины Каспия.

Юго-Восточные Каракумы (см. рис. 3, I) включают Мары-Учаджикскую моноклиналь и обширную Мургабскую впадину. Их структура наиболее четко отражена в донеогеновом чехле. В четвертичное время здесь также сохраняется зона прогибания.

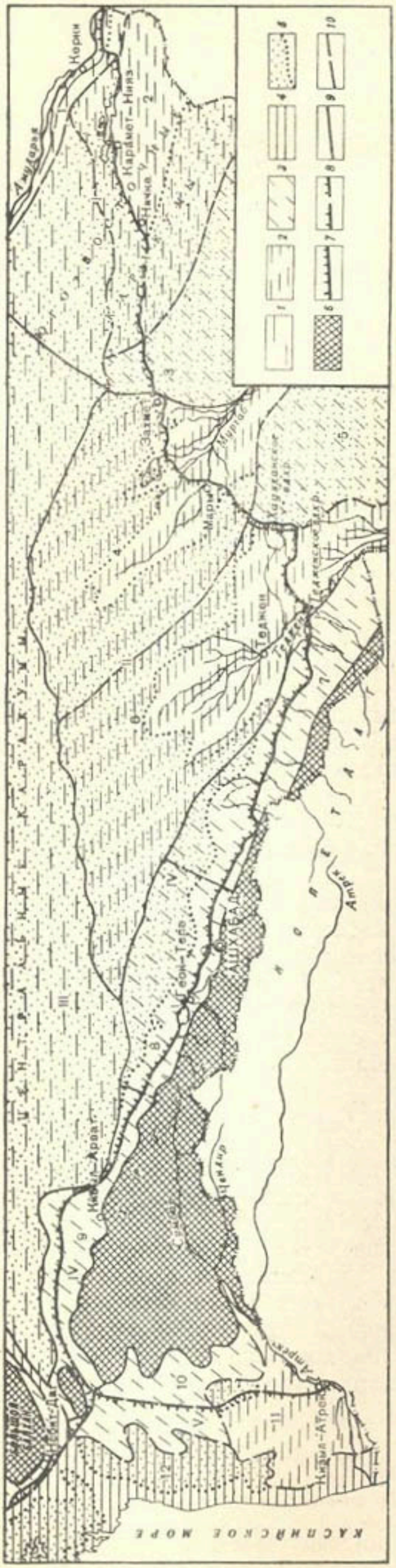
Современная долина Амударьи (*1*) рассматривается в пределах небольшого отрезка среднего течения реки, по которому проходят первые 30 *км* канала. Здесь и ниже по течению река следует вдоль амударьинского регионального разлома. В поперечном профиле долины различаются пойма и две надпойменные террасы. Пойма узкой полосой (0,2—0,5 *км*) тянется вдоль русла реки и образует в нем острова.

Первая (тугайная) терраса сложена с поверхности современными (голоценовыми) аллювиальными супесями и суглинками, в основании песками небольшой мощности [1]. Вторая терраса имеет позднечетвертичный возраст. Слагающие ее пески трудноотличимы от подстилающих отложений каракумской свиты (Борисенко, Радюкевич, 1972) [2]. Эоловый рельеф поверхности террасы образует приамударьинскую бархан-

---

[1] При описании отложений основное внимание здесь и далее уделено четвертичному покрову, слагающему поверхность. Более древние отложения (за исключением плиоценовых), как правило, погребены на значительной глубине под рыхлым чехлом и существенной роли в зоне канала не играют.

[2] Каракумская свита рассматривается при описании Низменных Каракумов.



8 — то же, проектируемый;
9 — границы областей;
10 — то же, районов. Обозначения и названия областей и районов см. в тексте

Рис. 3. Геоморфологическое районирование

1 — равнины аллювиальные; *4* — то же, морские; *7* — Каракумский канал, действующий отрезок;
2 — то же, аллювиально-дельтовые; *5* — эоловые пески;
3 — то же, проловиальные и аллювиально-пролювиальные; *6* — горные территории;

ную полосу. На западе терраса без четкой границы переходит в Низменные Каракумы.

Плейстоценовая аллювиально-дельтовая равнина североафганских рек (*2*) расположена к западу от долины Амударьи. Она полого снижается в северо-западном направлении и небольшими уступами делится на три разновозрастные субаэральные дельты, сформированные реками, стекавшими с гор Паропамиза на север (Богданова, 1960а).

Наиболее восточная — современная (голоценовая) — дельта с обширными солончаками (шорами) образована выносами афганской реки Балх. Разобщенные остатки ее русла превратились в солончаковые котловины Келифского Узбоя и протягиваются с юго-востока на северо-запад в Низменные Каракумы. Слагающие дельту глинистые отложения залегают на песках каракумской свиты.

Келифский Узбой является важной геоморфологической границей, отделяя на значительном протяжении дельтовые равнины от древнеаллювиальной равнины пра-Амударьи. Он довольно точно совпадает с региональным Каракумским (Репетек-Ербентским) разломом, к которому приурочены диапировые структуры (Амурский, 1964).

Позднечетвертичная дельта занимает среднюю часть междуречья Мургаба и Амударьи и известна под названием Обручевской степи [1]. В ее сложении принимают участие в основном песчано-глинистые породы, образующие обручевскую свиту. На востоке дельты преобладают глинистые осадки, на западе — песчаные. Под дельтовыми отложениями в се-

[1] Эта равнинная территория, более 80 лет назад впервые исследованная В. А. Обручевым и представляющая собой песчано-глинистую пустыню, в начале XX в. названа в честь ее первоисследователя Обручевской степью.

верной части вскрыта каракумская свита, а на западе — черкезлинская, что свидетельствует о позднечетвертичном возрасте дельты.

Ранне-среднечетвертичная дельта образует наиболее древний и высокий уровень равнины. Она примыкает с запада к Обручевской степи и ограничена северо-восточным склоном Карабиля, с которым постепенно сливается без резкого изменения рельефа. В связи с этим территория дельты долгое время на картах не выделялась. Лишь использование аэрофотосъемки позволило обособить дельту от Карабиля; в дальнейшем был доказан ее аллювиально-дельтовый генезис. В сложении древнедельтовой равнины участвуют пылеватые пески и супеси суммарной мощностью в несколько десятков метров, выделяемые в качестве черкезлинской свиты (Николаев, Борисенко, 1972). Ранне-среднечетвертичный возраст последней установлен благодаря переслаиванию ее на периферии с каракумской свитой. На юге черкезлинская свита подстилается верхнеплиоценовыми елчилекскими лёссами, на севере — среднеплиоценовыми алевритами.

Древняя (плиоценовая) аллювиально-пролювиальная равнина северного склона Карабиля (*3*) является периферической частью холмогорья Карабиль. По мнению большинства исследователей, Карабиль представляет собой позднеплиоценовую аллювиально-пролювиальную подгорную равнину Паропамиза, отчлененную от гор в результате тектонических поднятий в среднечетвертичное время. Соответственно и северный склон Карабиля, не вовлеченный в поднятие, является позднеплиоценовой аллювиально-пролювиальной равниной. После обособления холмогорья эта его часть претерпела интенсивную переработку ветром.

Рассматриваемая периферия Карабиля сложена толщей красноватых мелкозернистых песков мощностью более 100 *м*, которая выделена Г. И. Амурским (1960) в качестве елчилекской свиты, имеющей, как было установлено впоследствии, позднеплиоценовый возраст (Николаев, Борисенко, 1972).

Субаэральные дельты Мургаба и Теджена (*II*).

Дельтовая равнина Мургаба (*4*) относится к Мары-Учаджинской моноклинальной области, структура которой в неоген-четвертичном покрове отражена слабее, чем в мезозойской осадочной толще. В пределах дельты проходит региональный Мургабский разлом фундамента, на юге совпадающий с современной долиной Мургаба. Зона разлома характеризуется повышенной мощностью неоген-четвертичных отложений. Одни исследователи связывают это явление с наличием доакчагыльской погребенной глубоко врезанной долины пра-Мургаба, другие полагают, что здесь с плиоцена формируется молодая область прогибания.

Река Мургаб берет начало в Афганистане. На территории Туркменской ССР она течет на террасированной долине, разделяющей возвышенности Карабиль и Бадхыз. У г. Иолотани находится замок современной дельты Мургаба, представляющей наклоненную на северо-запад выпуклую глинистую равнину с реликтами дельтовых протоков. Периферическая, внешняя, часть дельты скрывается под эоловыми песками и имеет позднечетвертичный возраст. Она распространяется в Каракумы севернее широты Репетека, на востоке граничит с северным склоном Карабиля, а на западе сливается с одновозрастной дельтой Теджена. Отложения позднечетвертичной дельты мощностью до 50 *м* и более представлены суглинками, переслаивающимися с тонкими песками. Эти осадки залегают на более древних песчано-глинистых отложениях пра-Мургаба ранне-среднечетвертичного возраста, которые на периферии переслаиваются с каракумской свитой.

Каракумский канал, входя в пределы мургабской дельты у Захмета, пересекает ее центральную часть пологой дугой.

Древняя (плиоценовая) аллювиально-пролювиальная равнина северного склона Бабхыза (*5*), по происхождению и строению аналогичного

склону Карабиля, представляет собой почти целиком отчлененную от Паропамиза подгорную равнину, к настоящему времени превращенную работой ветра в эолово-дедунационную. Выступающий на север край этой равнины разделяет дельты Мургаба и Теджена. Рельеф рассматриваемого участка образован эоловыми песчаными грядами северо-западной ориентировки, высота которых уменьшается на северо-запад. Исходным материалом для формирования эолового рельефа является верхнеплиоценовая песчаная елчилекская свита мощностью до 50 *м*.

Дельтовая равнина Теджена (*6*) сформирована выносами этой реки (в Афганистане она называется Герируд), образующими снижающуюся к северо-западу обширную слабовыпуклую равнину. На ней выделяют периферическую часть позднечетвертичного возраста и центральную — современную. Дельта Теджена на севере достигает широты пос. Бахардок, а на западе — меридиана Геок-Тепе, как бы втягиваясь в Предкопетдагский прогиб, восточную часть которого она занимает (Граве М. К., 1954). Вдоль долины Теджена и под дельтой проходит региональный Серахский разлом, с которым совпадает погребенная долина пра-Теджена. На юго-западе дельта граничит с пролювиальной подгорной равниной Копетдага. Обширная окраинная часть древней дельты скрыта под плащом эоловых песков, через которые проглядывают такыры со следами русел. По существу эта равнина является составной частью Центральных Каракумов.

В сложении замковой части дельты Теджена в районе Серахса преобладают мощные галечники, а севернее — пески с прослойками суглинков и глин. Ближе к периферии основное место в разрезе занимают глинистые разности. Современная дельта Теджена сложена преимущественно глинистыми отложениями и занимает сравнительно небольшую площадь, образуя лопасти по основным дельтовым протокам. Стратиграфическое расчленение тедженских отложений довольно условно и, как и в пределах дельты Мургаба, основано на литологических признаках, анализе террасового комплекса долины и соотношении с каракумской свитой. Здесь также выделяются три толщи дельтовых осадков: ранне-среднечетвертичная, обнажающаяся лишь в замке́ дельты, позднечетвертичная и современная (голоценовая). Их литологическое строение характеризуется увеличением крупности материала вниз по разрезу.

Каракумский канал пересекает дельту Теджена с востока на запад примерно в 45 *км* южнее г. Теджен.

Центральные Низменные Каракумы (*III*). Песчаная пустыня Каракумы ограничивает с севера территорию, по которой проходит канал, и им не пересекается, но отдельные участки ее, например, в районе к северу от Келифских озер, располагаются в зоне его влияния.

Низменные Каракумы представляют собой древнюю аллювиальную и аллювиально-дельтовую равнину, сформированную в первой половине четвертичного периода, когда Амударья имела широтное направление и впадала в Каспийское море. Равнина сложена песчаными осадками пра-Амударьи, известными под названием каракумской свиты. Ранне-среднечетвертичный возраст свиты определяется по ее переслаиванию в западной части пустыни с морскими осадками бакинской и хазарской трансгрессий. Мощность каракумской свиты в центре района ее распространения измеряется сотнями метров, к западу и востоку она уменьшается. Характерным компонентом разреза являются стально-серые пески с прослойками суглинков, глин и глиняными катунами. В нижней половине толщи преобладают глинистые породы.

В конце хазарского (среднечетвертичного) времени пра-Амударья повернула на север, в сторону Аральского моря, а в Каракумах начали интенсивно развиваться эоловые процессы. Западнее меридиана Кизыл-Арвата равнина заливалась водами хвалынского моря, и здесь каракумская свита погребена под позднечетвертичными морскими осадками,

впоследствии также переработанными ветром. Южная видимая граница Низменных Каракумов, совпадающая с краем аллювиально-дельтовых равнин североафганских рек, дельт Теджена и Мургаба, а западнее дельт — с кромкой подгорной равнины Копетдага, не является действительной границей распространения каракумской свиты, которая под покровом более молодых отложений заходит значительно южнее.

Первичный рельеф аллювиальной равнины Низменных Каракумов сохранился лишь в виде понижения поверхности с востока на запад, а также в ее выпуклом поперечном профиле. Основные черты современной морфологии создаются эоловыми формами. Это различные по величине полузакрепленные растительностью гряды и их модификации в виде грядово-ячеистых или ячеистых песков. В понижениях между песчаными грядами распространены такыры и солончаки.

Северная пролювиальная подгорная равнина Копетдага (*IV*). Интенсивные процессы физического выветривания в аридном климате, в результате которых к подножию гор поступает огромное количество продуктов разрушения, обусловили формирование зоны пролювиальных равнин, опоясывающих северный склон Копетдага на всем его протяжении. Накоплению мощной толщи обломочного молассового материала неоген-четвертичного возраста и дифференциации рельефа способствует положение территории, охватывающей основную часть Предкопетдагского краевого прогиба. На юге последний ограничен системой продольных глубинных разломов, с которыми связана высокая сейсмическая активность предгорной полосы. К северу прогиб постепенно сменяется моноклинальной областью южного склона Туранской плиты.

Особенностью макрорельефа Прикопетдагской подгорной равнины является сочетание наклона поверхности в северном направлении, перпендикулярном горам, в сторону Низменных Каракумов, с пологим снижением на северо-запад вдоль простирания гор. Верхняя щебнисто-галечная часть равнины — подгорный пролювиальный шлейф — имеет значительные уклоны и состоит из выпуклых конусов выноса, разделенных межконусными понижениями. К северу шлейф постепенно сменяется аллювиально-пролювиальной плоской собственно подгорной равниной, которая образована распластанными окраинами конусов выноса временных водотоков и речек. Состав отложений становится здесь более тонким. Дифференциация материала вниз по уклону обусловила характерную для подгорной равнины литологическую зональность (Граве М. К., 1957а).

Подгорные отложения разделяются на нижне-, средне- и верхнечетвертичные и современные (нерасчлененные). Древний пролювий залегает в долинах и предгорьях Копетдага на значительной высоте и в ряде случаев формирует поверхности выравнивания. Среднечетвертичные отложения слагают крутые и высокие остатки конусов выноса, обрывающиеся к более молодым частям подгорной равнины. Остальную территорию Прикопетдагской наклонной равнины слагают нерасчлененные (по возрасту) верхнечетвертичные и современные пролювиальные и аллювиально-пролювиальные отложения. От г. Теджена до меридиана г. Геок-Тепе подгорная равнина смыкается на севере с древней дельтой Теджена. Далее на запад пролювиальная равнина непосредственно контактирует с эоловыми песками Центральных Каракумов, частично скрываясь под их покровом, а иногда и перекрывая их.

Особенности строения Копетдага и состав пород, залегающих в области питания твердого стока, определяют характер рельефа и вещественный состав отложений подгорной равнины.

Подгорная равнина восточного Копетдага (*7*) расположена между юго-восточной оконечностью гор и меридианом пос. Аннау. Третичные свиты, формирующие предгорья, почти всюду отделяют равнину от мас-

сивных нижнемеловых известняков Передового хребта Копетдага. В результате грубообломочный материал поступает на подгорную равнину, как правило, в небольшом количестве. Основную массу составляют супесчано-глинистые осадки — продукты разрушения палеогеновых пород. Поэтому суглинистая аллювиально-пролювиальная часть равнины характеризуется большой шириной и пологими уклонами. По ее южной окраине и проходит Каракумский канал.

Подгорная равнина центрального Копетдага (*8*) расположена между поселками Аннау и Бами. Почти на всем ее протяжении подгорный шлейф граничит с крутыми скалистыми обрывами Передового хребта, который лишь местами обрамлен холмами и грядами третичных пород. Близость коренных склонов способствует выносу грубообломочного материала и формированию крутых щебнистых конусов выноса. Здесь находятся наиболее крупные щебнистые конусы, которые делятся по времени образования на средне- и позднечетвертичные. Супесчаный и суглинистый материал попадает на подгорную равнину в меньшем количестве, чем в восточном и западном Копетдаге. Этим объясняются сравнительно небольшие размеры плоской периферической части аллювиально-пролювиальной равнины, ширина которой редко превышает 20 *км*. Окраина ее покрыта эоловыми песками.

К границе подгорной равнины центрального Копетдага и Низменных Каракумов в ее западной части приурочена полоса широтно вытянутых солончаковых котловин, которую нередко называют зоной южных шоров. Ее происхождение трактуется по-разному. Наиболее вероятна связь шоров с разломами вдоль Предкопетдагского прогиба и выклиниванием грунтовых вод подгорной равнины.

Введенный в строй участок Каракумского канала севернее Геок-Тепе заканчивается на суглинистой части подгорной равнины Копетдагским водохранилищем. В настоящее время продолжается строительство канала в направлении Кизыл-Арвата.

Подгорная равнина северо-западного Копетдага и Малого Балхана (*9*) занимает участок между с. Бами и северо-западной оконечностью Копетдага у г. Казанджика, которого канал достигнет к 1980 г., а также Данатинский коридор. В последний вынос материала происходит как с Копетдага, так и с Малого Балхана.

В строении западного Копетдага основную роль играют песчано-глинистые толщи палеогенового и позднемелового возраста, что обусловило преимущественно тонкий состав пролювия. В противоположность примыкающему к горам небольшому щебнисто-галечному пролювиальному шлейфу ширина периферической части подгорной равнины достигает 35—40 *км*. В целом она обладает небольшим уклоном на северо-запад; исключением является участок восточнее Кизыл-Арвата, имеющий уклон к юго-востоку, что объясняется морфологией одноименного конуса выноса. На периферии равнины многочисленные русла временного стока образуют широко распластанные веера, по которым можно судить об уклонах крупных конусов выноса.

В районе Казанджика, где к подгорной равнине спускаются известняковые обрывы хр. Кюрендаг — самого западного из передовых хребтов Копетдага, хорошо выражен щебнистый и крутой подгорный шлейф, суглинистая часть подгорной равнины менее широка, чем на соседних участках. На пролювиальную равнину Данатинского коридора поступает твердый сток в основном с Копетдага, заметно меньше ее часть, сложенная выносами с Малого Балхана. Хорошо развит щебнистый подгорный шлейф, а днище коридора представляет собой суглинистую аллювиально-пролювиальную равнину, которая снижается в юго-западном направлении.

Западно-Туркменская равнина (*V*). Размещение основных областей питания твердого стока в низкогорьях западного Копетда-

га, где развиты палеогеновые, преимущественно глинистые, породы и неогеновые песчано-глинистые осадки, наложило отпечаток на особенности рельефа и литологии Западно-Туркменской равнины. Самая западная часть равнины, примыкающая к Каспию,— зона песчаных морских осадков. Остальная территория ее сложена глинисто-такырными аллювиально-дельтовыми и пролювиальными породами. В тектоническом отношении равнина входит в область одноименной впадины, испытывавшей опускание в период альпийской складчатости, особенно интенсивное в плиоцен-четвертичное время. Крупные разломы делят впадину на ряд ступеней, к сочленению которых приурочены цепочки грязевых вулканов, антиклинальные складки и другие дислокации, захватывающие осадочные отложения, вплоть до четвертичных (Смирнов и др., 1972).

Западно-Копетдагская пролювиальная подгорная равнина (*10*) по рельефу несколько отличается от подгорной равнины северо-западного Копетдага: отдельные крупные конусы выноса здесь не обособляются. Глинистый характер пород, слагающих водосборные бассейны, и относительно большое в западном Копетдаге количество осадков обусловили интенсивный поверхностный сток и, соответственно, значительную ширину и расчлененность подгорной равнины при ее небольших уклонах.

Наиболее широка и сильно изрезана временными водотоками северная часть подгорной равнины между Данатинским коридором и песками Гейрджаны. Наряду с глубокими руслами здесь отмечается множество мелких русел-чилей. Южнее, вплоть до Мешхедского песчаного массива, равнина обладает меньшим расчленением. Между оврагом Кемен-Дере и долиной Атрека она сильно сужается и как бы зажата между предгорьями Копетдага и Мешхедскими песками.

В пределах подгорной равнины западного Копетдага выделяются две части: 1) наиболее высоко расположенная щебнисто-галечная среднечетвертичного возраста и 2) находящаяся гипсометрически ниже периферическая часть, сложенная преимущественно супесчано-суглинистыми породами, позднечетвертично-современная.

Дельтовая равнина р. Атрек (*11*) занимает площадь, ограниченную на севере песками Гейрджаны, на востоке — Мешхедскими песками, а на западе — приморской равниной. Река Атрек, вступая из Ирана на территорию СССР, получает свой наиболее крупный приток р. Сумбар. Ниже Кизыл-Атрека река почти полностью иссякает, воды ее разбираются на орошение. Различается несколько разновозрастных дельт Атрека. Часть древних дельт с абсолютными отметками, превышающими 45—50 *м*, не затоплялась морскими водами в период хвалынской трансгрессии. Более молодые дельты иногда рассматриваются в основном как морские, поскольку их внешний край скрывается под каспийскими осадками (Неводчикова, 1972). Нам представляется, что поздне- и послехвалынские дельты имеют смешанное происхождение: верхняя (замкóвая) часть их накапливалась в субаэральных условиях, периферическая часть была подводной.

Наиболее древней является Мешхедская дельта. Н. М. Богданова (1960б) высказала предположение, что она имеет среднечетвертичный возраст. Сейчас это подтверждено геологически: установлено ее налегание на бакинские морские осадки (Неводчикова, 1972). В отличие от других эта дельта сложена тонкими пылеватыми песками, реже суглинками, мощностью в несколько десятков метров. Поверхность дельты переработана ветром. В ее западной части (в пределах Мешхедского песчаного массива) перевеянные пески формируют барханные цепи, в центральной и восточной частях развиты субмеридиональные асимметричные гряды высотой 40—60 *м*.

Мессерианская дельта — позднечетвертичная; она представляет собой почти совершенно плоскую глинистую равнину, полого снижающуюся к Каспию. Ее внешняя граница обычно проводится по нулевой изо-

гипсе, совпадающей с уровнем позднехвалынской трансгрессии. В составе отложений дельты преобладают суглинки и глины сравнительно небольшой мощности. Рельеф мессерианской дельты осложнен валами — следами древних дельтовых проток Атрека и ирригационных сооружений. Согласно проекту Каракумский канал пройдет в тыловой части этой дельты.

Голоценовые дельты Атрека имеют ровную такырно-солончаковую поверхность, лишь местами нарушенную слабо врезанными руслами. Обычно выделяется несколько дельт этого возраста, сменяющие одна другую с северо-востока на юго-запад и отвечающие этапам снижения уровня Каспия в послехвалынское время. Все они сложены преимущественно глинистыми осадками мощностью до 10 *м*.

Морские равнины (*12*) окаймляют туркменское побережье Каспия. Позднечетвертичная (хвалынская) морская равнина, сложенная песками, ограничивает с запада мессерианскую и более молодые дельты Атрека и распространяется на север в прибалханский район. Пески хвалынской трансгрессии интенсивно переработаны ветром и имеют преимущественно грядовый эоловый рельеф. Современная (новокаспийская) морская аккумулятивная равнина занимает пространство между берегом моря и горизонталью —20 *м*. Здесь чередуются солончаки и дюнные эоловые пески. Наиболее значителен по площади солончак Келькор, который еще в историческое время был морским заливом. Характерным элементом рельефа на побережье Каспия являются грязевые сопки.

Рельефообразующие процессы

Современные рельефообразующие процессы в зоне Каракумского канала весьма разнообразны. Распределение эндогенных процессов зависит прежде всего от тектонических условий. Экзогенные процессы определяются составом поверхностных отложений, особенностями стока и характером уклонов.

Из эндогенных явлений заслуживают внимания сейсмические и современные тектонические движения. Каракумский канал проходит через зоны повышенной и высокой сейсмоактивности. К востоку от Мары канал пересекает 6-балльную зону, западнее до Душака —7-балльную. Далее вдоль Копетдага он проходит в основном по 8-балльной зоне, пересекая севернее Ашхабада и Казанджика 9-балльную (Мильштейн и др., 1964). Таким образом, наиболее сейсмически опасной является область сочленения альпийской геосинклинали с эпигерцинской платформой, что необходимо учитывать при проведении сейсмопрофилактических мероприятий в этих районах. Отметим, что после казанджикского (1964 г.) и ашхабадского (1948 г.) землетрясений наблюдались нарушения рыхлого покрова на подгорной равнине в виде трещин. Что касается новейших вертикальных движений, то амплитуда их, даже в самых подвижных участках, по-видимому, незначительна (Граве М. К., 1957б).

Среди экзогенных процессов в долине Амударьи основную роль играют эрозия и аккумуляция, связанные с деятельностью реки. Боковая эрозия, в том числе дейгиш, в настоящее время в значительной мере регулируется путем укрепления берегов на опасных участках. Эоловые процессы преобладают в районах песчаной пустыни, пересекаемой каналом на междуречье Амударьи и Мургаба, а также между Мургабом и Тедженом. Наиболее энергично перевевание песков происходит при нарушенном растительном покрове пустыни. Оно, например, наблюдается в приамударьинской барханной полосе, а также непосредственно вблизи канала у гидротехнических сооружений и населенных пунктов. За пределами песков дефляция мелких частиц отчетливо проявляется на поверхности пухлых солончаков в дельте Балха.

Эрозионное расчленение наблюдается на такырах и суглинистых участках крупных субаэральных дельт (за границей оазисов), а особенно на подгорных равнинах Копетдага, где сток в период весенних дождей иногда весьма значителен. Наиболее расчленена мелкими руслами-чилями подгорная равнина западного Копетдага, водосборы которого сложены глинистыми породами. Здесь же больших размеров достигают селевые паводки, представляющие серьезную угрозу для будущего канала и орошаемых земель. Противоселевые мероприятия уже применяются на действующем отрезке канала в местах, где он проходит вблизи Копетдага.

На подгорных равнинах широко распространены суффозионно-просадочные явления и подземная эрозия. Воронки и провальные колодцы располагаются линейно, вдоль наиболее глубоких русел, врезанных в лёссовидные пролювиальные отложения. Западины и микропонижения встречаются в основном там, где пролювий подстилается каракумской свитой, обеспечивающей подземный дренаж.

ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ

Зона Каракумского канала располагается на территории двух крупных артезианских бассейнов платформенного типа — Каракумского и Западно-Туркменского (Гидрогеология СССР, 1972).

Каракумский бассейн охватывает водоносные комплексы мезозойско-кайнозойских пород осадочного чехла, залегающих на складчатом палеозойском основании эпигерцинской Туранской платформы. Подземные воды, приуроченные к породам от юрского до палеогенового возраста, являются напорными и сильно минерализованы, вплоть до рассолов. Неоген-четвертичные породы, подстилаемые водоупорными палеогеновыми глинами, формируют единый верхний водоносный комплекс. Подземные воды этого комплекса гидравлически взаимно связаны и представляют безнапорный горизонт со свободной поверхностью. В отличие от напорных межпластовых подземных вод мы их называем грунтовыми.

По характеру питания грунтовых вод и специфике гидрогеологических условий на рассматриваемой территории может быть выделено несколько районов. Юго-Восточные Каракумы обладают единым зеркалом грунтовых вод, и их поток направлен на юге, в области дельт североафганских рек, к северо-западу, а в Низменных Каракумах — к западу. Питание грунтового потока осуществляется с востока — из долины Амударьи и с юга — подземным стоком с Паропамиза, а также из Каракумского канала. Воды преимущественно соленые и сильно соленые; на их фоне выделяются крупные пресные линзы северного склона Бадхыза и Карабиля. Инфильтрация пресных вод из Каракумского канала особенно заметна в зоне Келифских озер и песчаной пустыни. Преобладающая глубина залегания грунтовых вод составляет 15—20 *м*. На юге она увеличивается — в Обручевской степи до 30—40 *м*, а на северном склоне Бадхыза и Карабиля достигает 100—200 *м*. В зоне, непосредственно прилегающей к каналу, уровень грунтовых вод сильно повышается. На участках с отрицательными формами рельефа он нередко доходит до 1—2 *м*. Под шорами Келифского Узбоя грунтовые воды залегают наиболее близко к поверхности (до 0,5 *м*).

Дельты Мургаба и Теджена характеризуются своеобразными гидрогеологическими условиями, во многом обусловленными широким развитием ирригации. Малая водопроницаемость пород, слагающих дельты, затрудняет отток грунтовых вод, и в результате их уровень в пределах орошаемой зоны нередко располагается на глубине 1,5—0,5 *м*. На периферии дельт глубины уровня грунтовых вод возрастают до 10—20 *м*. За пределами опресненной зоны, приуроченной к орошаемым площадям, отмечается сильное повышение минерализации.

Подгорные равнины имеют грунтовые воды, которые питаются за счет термальной зоны Копетдага, инфильтрации сезонного поверхностного стока и вод Каракумского канала. Глубина залегания зеркала уменьшается от гор в сторону Каракумов с 40—50 до 10—15 *м*. Минерализация вод пестрая, величина ее возрастает к северу. В центральной части Низменных Каракумов, обрамляющих подгорные равнины с севера, грунтовые воды приурочены к древнеаллювиальным пескам каракумской свиты. Наиболее распространенный уровень зеркала грунтового потока, направленного на запад к Каспию,— порядка 20 *м*. Воды преимущественно соленые (10—30 *г/л*) с линзами пресных и солоноватых (Ясханская, Черкезлинская и другие линзы).

Западно-Туркменский бассейн связан с одноименной тектонической впадиной. Напорные сильно минерализованные воды приурочены преимущественно к пяти нижним водоносным комплексам песчано-глинистых отложений — средне- и верхнеплиоценовых, отчасти бакинских и хазарских, содержащих местные водоупоры. Лежащие выше горизонты подземных вод гидравлически связаны и имеют свободную поверхность. Эти грунтовые воды приурочены к пролювиальным, аллювиально-дельтовым и морским (хвалынским и новокаспийским) песчаным отложениям, включающим прослойки глин, которые иногда образуют местные напоры. Глубина залегания зеркала вод уменьшается с востока на запад в сторону Каспия от 40—20 до 1—0,5 *м* (под солончаками).

Минерализация вод значительная и увеличивается от гор в сторону Каспийского моря. Питание грунтовых вод происходит за счет подтока со стороны гор, а также инфильтрации атмосферных осадков и временного поверхностного стока. Пресные воды в пределах бассейна образуют небольшие линзы, плавающие на соленых водах. Они имеют инфильтрационное происхождение и залегают в основном под песчаными массивами. Местами встречаются пресные колодцы (чирле), использующие линзы, созданные путем искусственного погружения весеннего ливневого стока.

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ КЛИМАТА И КЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

Расположение зоны Каракумского канала почти строго по широте обусловливает относительное однообразие климата, лишь несколько нарушаемое различиями рельефа, некоторыми особенностями циркуляции атмосферы и разным расстоянием от Каспийского моря.

При сохранении всех типичных черт климата Средней Азии — изобилии света и тепла, засушливости в вегетационный период, резких колебаний погоды зимой — величины климатических характеристик в зоне Каракумского канала несколько отличаются от таковых на соседней территории.

Каракумский канал располагается в зоне континентального климата пустынь умеренного пояса. На подкомандную ему территорию в значительных количествах поступает солнечная радиация; суммарная радиация за год в среднем равна 152—163 *ккал/см²*, при этом в летние месяцы в отдельных местах она может достигать 23 *ккал/см²*, а в зимние — превышать 6 *ккал/см²*. Эти показатели являются наиболее высокими на территории Советского Союза.

В холодное полугодие решающее воздействие на формирование климата оказывает циркуляция атмосферы, режим которой в это время года отличается значительной интенсивностью и разнообразием. В теплое полугодие ее роль не столь велика, и климатические условия формируются в основном под воздействием солнечной радиации.

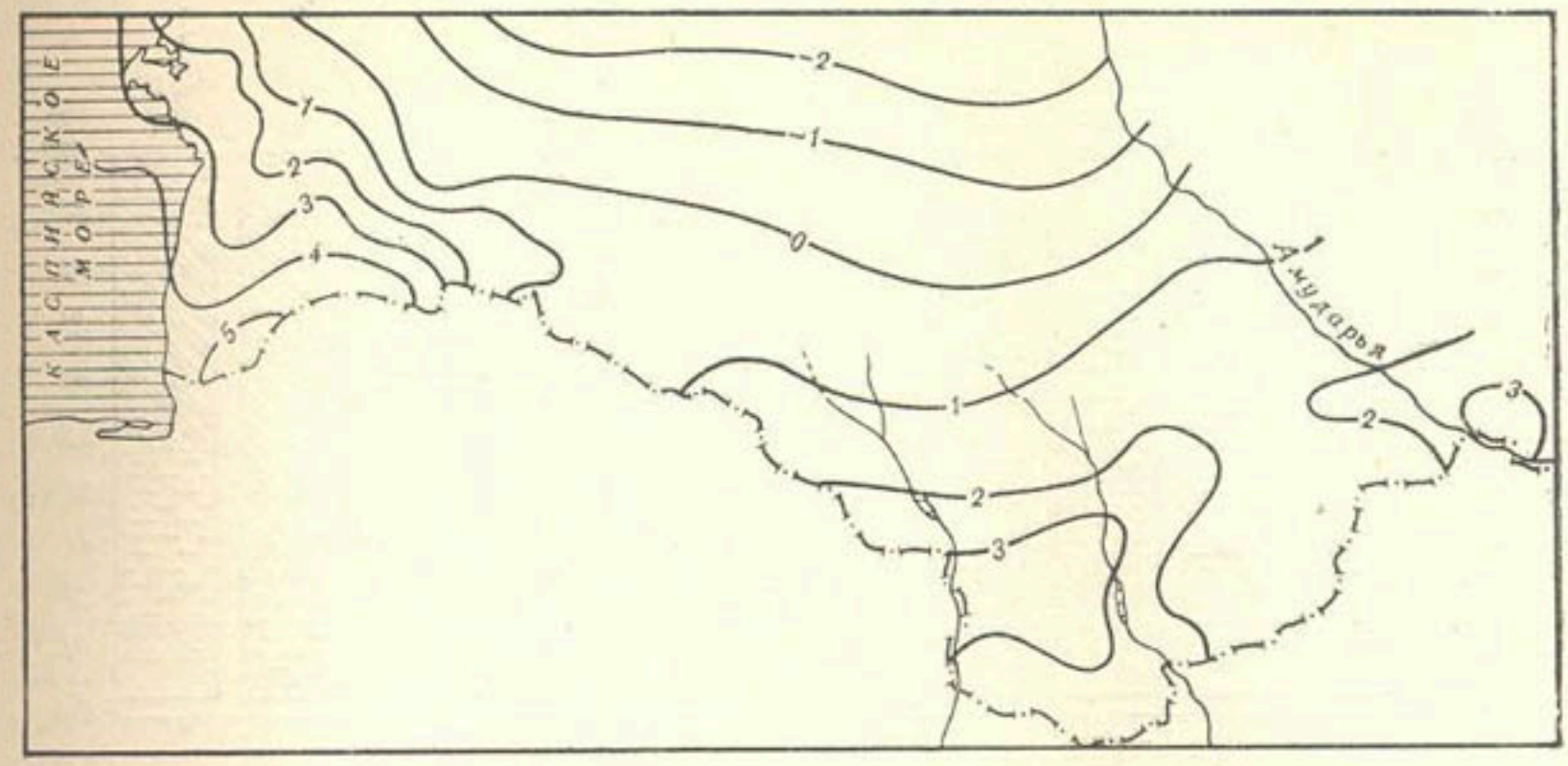


Рис. 4. Средняя месячная температура января, ° С

Зона канала, за исключением ее юго-западной части, открыта для проникновения холодных воздушных масс с севера, вследствие чего зимой температура воздуха здесь иногда может снижаться до —24, —25°. Летом же в отдельные годы максимальная температура может быть равной 46—49°, и ежегодно на всей территории, кроме побережья Каспия и горных участков, она достигает 40°.

Кроме резкой континентальности климата, для зоны канала характерна значительная засушливость — низкая относительная влажность: летом среди дня она может быть ниже 10% при средней влажности в 13 часов, равной 20—30%. К северу от канала средняя относительная влажность в 13 часов еще ниже, например, в Зеагли —15%.

Климатические различия в зоне канала прослеживаются в течение всего года почти по всем элементам. Многие климатологи (Бабушкин, 1960; Челпанова, 1963; и др.) за начало зимы принимают дату устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 5° в сторону ее понижения. Наступление весны считают с даты устойчивого перехода средней суточной температуры через 5° в сторону ее повышения, а лето — с даты перехода температуры через 20°. Вегетация большей части пустынных растений к лету заканчивается. Период, когда средние суточные температуры при понижении изменяются от 20 до 5°, относят к осени.

На всей рассматриваемой территории зима обычно очень коротка, особенно в Юго-Западной Туркмении в долине Атрека, где она длится лишь немного более месяца (января), а в отдельные годы даже еще меньше. В этом районе зима не только очень короткая, но в среднем и самая теплая в Советском Союзе (средняя месячная температура января +4, +5°) (рис. 4). Именно здесь отмечается наибольшее число так называемых вегетационных зим (95—98%), когда растения почти не прекращают вегетацию (Бабушкин, 1960). Теплые зимы обусловлены близостью моря и некоторой защищенностью горами от холодных северных вторжений.

В Юго-Восточной Туркмении зима продолжительнее. Она длится 2—2,5 месяца, начинаясь в декабре и заканчиваясь во второй половине февраля. Зима здесь холоднее: средняя температура воздуха самого холодного месяца — января — колеблется от —0,7° в подгорных районах до 2,3° вблизи Амударьи. В отдельные годы она бывает выше или ниже указанной средней величины при значительных колебаниях в течение месяца.

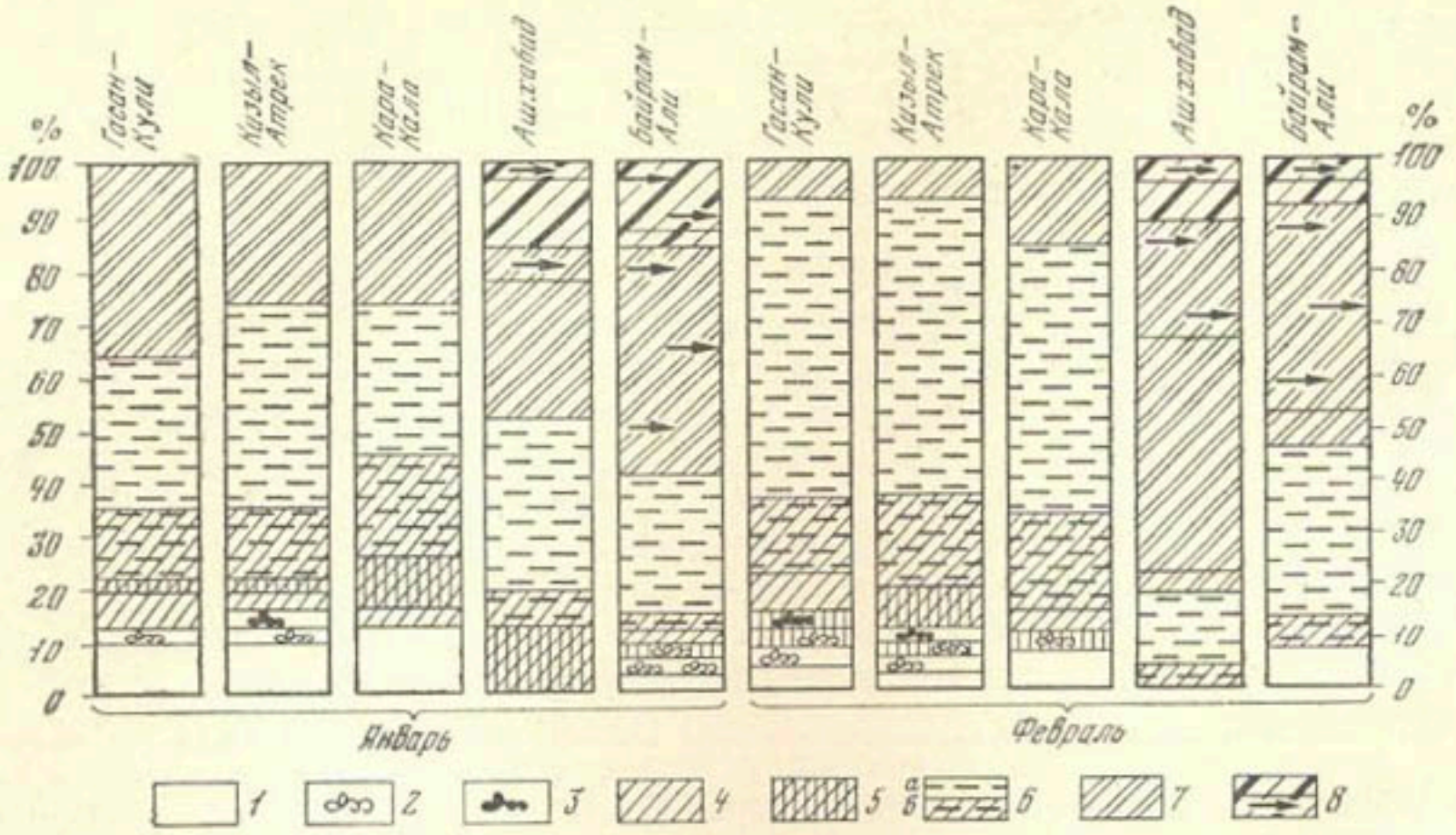


Рис. 5. Климат в погодах в январе и феврале 1969 г.

Безморозные погоды: *1* — малооблачная; *2* — облачная днем; *3* — то же, ночью; *4* — пасмурная; *5* — дождливая. Морозные погоды: *6* — погода с переходом температуры через 0°: *а* — ясная днем, *б* — облачная днем; *7* — слабо и умеренно морозная ($t_{сс}$ от 0 до 12,4°); *8* — значительно морозная ($t_{сс}$ от —12,9 до —22,4°); $t_{сс}$ — средняя суточная температура. Стрелки обозначают погоду с ветром

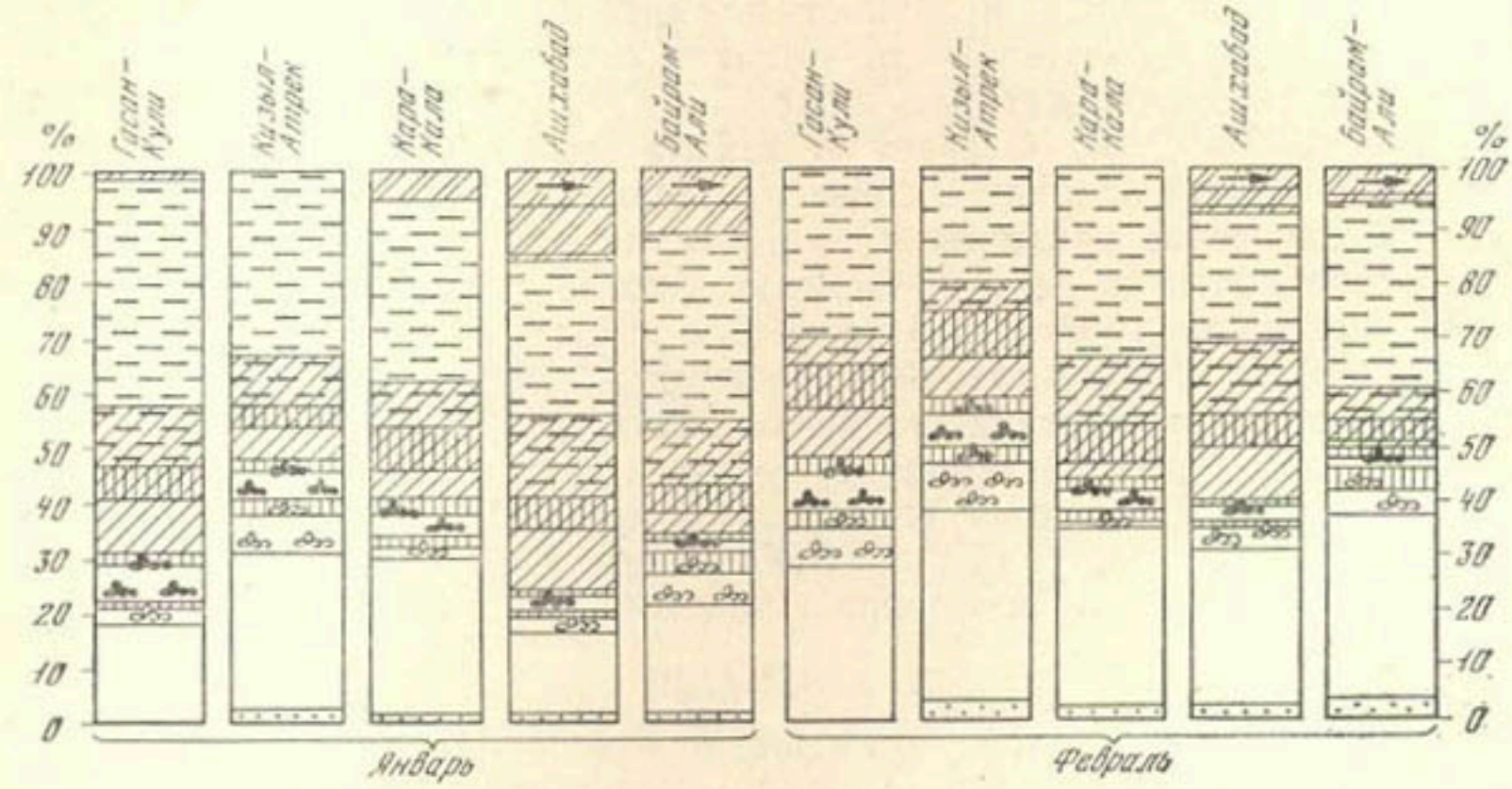


Рис. 6. Климат в погодах в январе и феврале за многолетний период

Условные обозначения см. на рис. 5

Колебания температуры полностью зависят от особенностей циркуляции атмосферы, которые обусловливают экстремально холодные или экстремально теплые зимы. Для теплых зим характерна интенсивная циклоническая деятельность, при которой с юга и юго-запада выносятся теплые воздушные массы (иногда насыщенные пылью), для холодных — мощные и продолжительные вторжения воздушных масс с севера с последующим выхолаживанием в антициклоне; при этом циклоническая деятельность ослаблена. Как меняется структура климата в погодах при холодных зимах, показано на рис. 5 и 6. На графиках за-

метно увеличение повторяемости умеренно морозной погоды и появление ее в тех пунктах, где она обычно не наблюдается. На юго-востоке Туркмении были отмечены также значительно морозные погоды. В 1969 г. даже на юго-западе в январе и феврале температура была ниже —15, —17°, а снежный покров сохранялся неделями. Таким образом, по характеру погоды в зиму 1968/69 г. вся Южная Туркмения как бы переместилась на 400—600 *км* к северу.

Возникновение холодных зим препятствует выращиванию здесь многолетних теплолюбивых растений. Лишь в долине Атрека могут расти такие теплолюбивые растения, как, например, финиковая пальма, инжир, гранат, миндаль и др. Однако в зимы, аналогичные по суровости зиме 1968/69 г., и здесь могут наблюдаться губительные морозы.

Зимой повсеместно увеличивается повторяемость облачной погоды и число часов солнечного сияния колеблется от 40—50% от возможного в восточной части территории до 50—55% на юго-западе Туркмении. В течение всей зимы перепадают осадки, чаще в виде дождя или мокрого снега, который тут же тает. Снежный покров, как правило, всюду лежит недолго. Его средняя высота лишь в горах и предгорьях немного превышает 10 *см*, на равнине она незначительна (1—8 *см*), а в долине Атрека, в местах с абсолютными отметками меньше 300 *м*, не достигает и 1 *см*. Исключение составляют холодные зимы, когда снежный покров сохраняется неделями при средней высоте 10—25 *см*. В декабре и январе отмечается наибольшая в году влажность воздуха. В Юго-Западной Туркмении средняя месячная относительная влажность в это время равна 70—80%, а в восточной части зоны канала —70—75%.

Переход к весне в среднем повсюду происходит во вторую и третью декады февраля, а в долине Атрека — в конце января — начале февраля. Весна почти на всей территории Средней Азии — это период выпадения наибольшего количества осадков. Больше всего их обычно выпадает в марте при интенсивной циклонической деятельности. При этом в равнинной части территории, к востоку от Ашхабада, их выпадает 30—40 *мм* в месяц, к западу от него—20—35 *мм*, в долинах рек Атрека и Сумбара, а также в предгорьях —40—65 *мм*. В разные годы величина их довольно сильно колеблется. В начале весны погода продолжает быть неустойчивой: то светит солнце, то небо затягивается облаками. Первая половина весны характеризуется наибольшим развитием кучевой облачности.

Под действием все возрастающего притока солнечного тепла на увлажненной почве в апреле в пустыне интенсивно развиваются растения, многие из которых с наступлением жары заканчивают свою вегетацию. По окончании апреля количество осадков резко уменьшается, и только на юго-западе, а также в предгорных и горных районах их выпадает 15—35 *мм* в месяц.

Средняя месячная температура апреля равна на большей части трассы канала 15—18°, в Юго-Западной Туркмении в связи с влиянием еще не прогревшегося моря она несколько ниже (12—15°). Средние максимумы температуры воздуха восточнее Байрам-Али составляют 25°, западнее 20—25°, а на юго-западе 18—22°. Абсолютные максимумы всюду около 40°.

Заморозки по средним датам заканчиваются во второй половине марта (на юго-западе в первой декаде). Однако бывают годы, когда заморозки могут быть и в середине апреля, причиняя большой вред сельскому хозяйству.

Лето, которое на равнинах начинается в среднем в конце апреля — начале мая (на юго-западе на 10 дней позднее), продолжается на большей части территории до середины октября, а на юго-западе — до последней декады его. Оно характеризуется устойчивой погодой с большим числом ясных и малооблачных дней. Особенно много их наблюдается

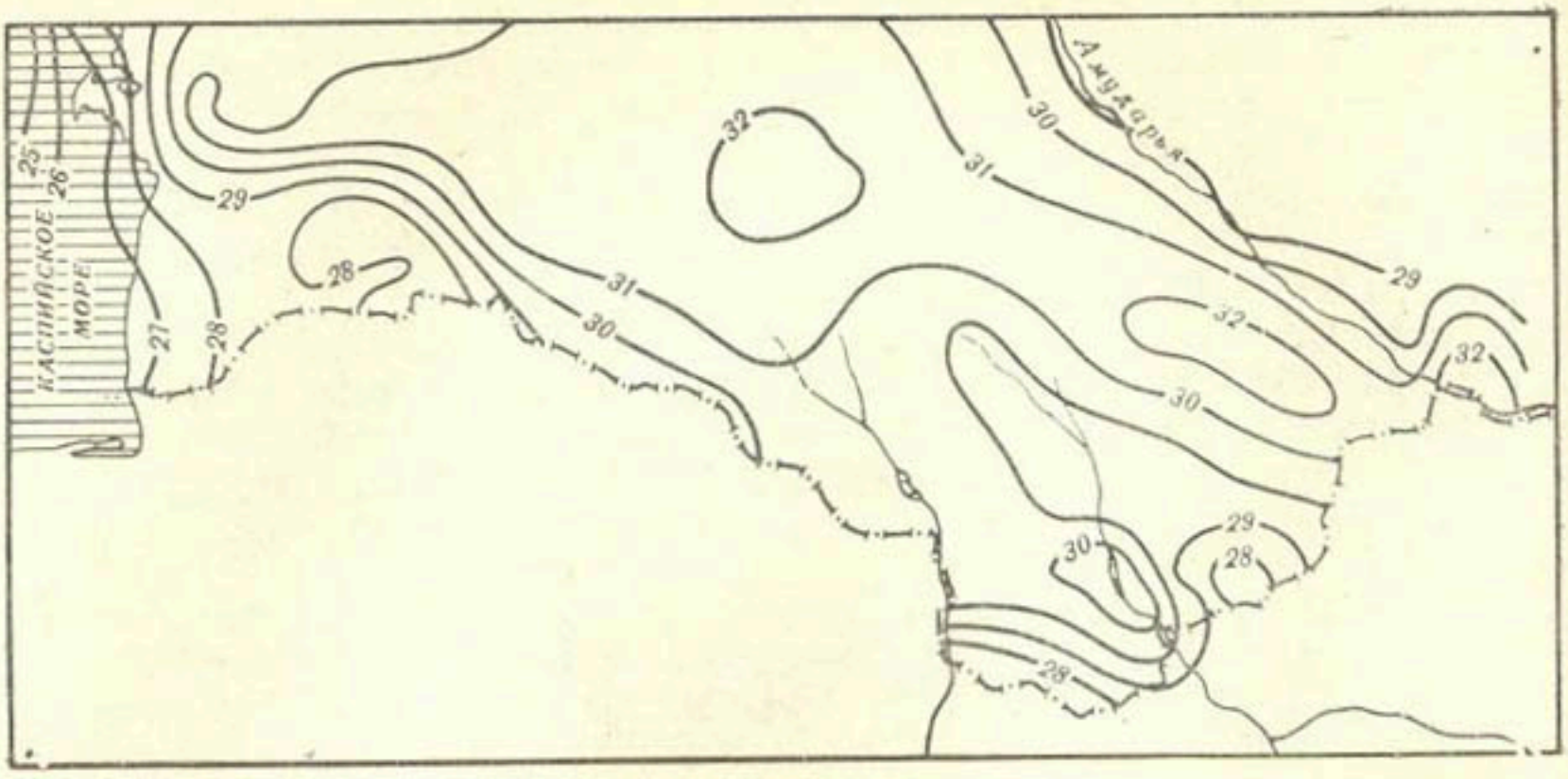


Рис. 7. Средняя месячная температура июля, °С

к востоку от Ашхабада: отношение продолжительности солнечного сияния к возможному достигает там 90—95%, в то время как на юго-западе и в предгорьях —70—85%. Осадки почти не выпадают, особенно редки они в юго-восточной части рассматриваемой территории; на юго-западе и в летнее время их количество за месяц иногда достигает 10—15 *мм*. Выпадающие осадки чаще всего имеют ливневый характер.

Летом холодные вторжения с севера не всегда достигают южных границ территории, а если и достигают, то вызывают лишь незначительные похолодания, главным образом ночью, так как днем воздух быстро прогревается. Межгодовая изменчивость летней температуры невелика, и температуры самого теплого месяца июля находятся в пределах 27—28° в Юго-Западной Туркмении и 28—30° — в остальной части зоны канала (рис. 7).

Устойчивость температуры воздуха может быть определена коэффициентом вариации $C_v = \frac{\sigma x}{\bar{x}}$, где σx — среднее квадратичное отклонение, $\bar{x}$ — средняя температура. Произведенные расчеты показывают, что температура в течение всего года более устойчива на юго-западе и что летом она на всей территории на один — два порядка устойчивее, чем зимой (табл. 16).

Таблица 16

Коэффициент вариации средней месячной температуры воздуха января и июля

Метеорологическая станция	Январь	Июль	Метеорологическая станция	Январь	Июль
Гасан-Кули	0,423	0,028	Ашхабад	4,175	0,028
Кизыл-Атрек	0,394	0,026	Байрам-Али	6,333	0,037
Кара-Кала	0,576	0,028	Кизыл-Арват	7,100	0,033

С приближением осени и возобновлением в конце октября — начале ноября циклонической деятельности начинают выпадать осадки. Так как обычно в это время еще тепло (средняя температура октября 14—16°, а на юго-западе 15—18°), то пустыня часто снова покрывается зеленеющими растениями. В целом за год количество осадков в Юго-Западной Туркмении колеблется от 90 *мм* на севере до 350 *мм* на западных

склонах Копетдага; на юго-востоке Туркмении выпадает всего 100—170 *мм*. В конце октября — начале ноября начинаются заморозки, сначала в юго-восточной части зоны канала, а в конце ноября — и в юго-западной.

В холодный период в восточной половине зоны канала преобладают северные и северо-восточные ветры (в январе повторяемость до 60%), а в западной половине — восточные (с повторяемостью в январе до 70%). Такое направление обусловлено длительным сохранением над Средней Азией отрога азиатского антициклона, существующего в течение всего холодного периода. Летом термическая депрессия над Таджикистаном и Южной Туркменией вызывает устойчивые (более 70% в июле) северные ветры в восточной половине зоны канала и северо-западные — на остальной территории (до 60% повторяемости в июле).

В течение года средние месячные скорости ветра не очень высоки — 2—3 *м/сек*, а в отдельных пунктах — до 4—5 *м/сек*. Наибольшие скорости ветра наблюдаются на побережье и между возвышенностями (известны сильные ветры, часто возникающие вблизи Малого Балхана в Данатинском коридоре). Ветры со скоростью 6—10 *м/сек* наиболее вероятны зимой и весной (вероятность 10—18%), летом и в первую половину осени они бывают реже (вероятность меньше 10%). На большей части территории средние месячные скорости ветра наиболее значительны в холодное время года. Летом, когда почва сильно иссушена, даже при умеренном ветре возникают пыльные бури, особенно на неосвоенных землях.

Общая картина изменений климатических условий вдоль зоны Каракумского канала хорошо видна из сравнения графиков климата в погодах, составленных для расположенных по каналу пунктов (рис. 8). Прежде всего обращает на себя внимание увеличение повторяемости суховейно-засушливых погод по мере удаления от Каспия. На побережье такие погоды возникают редко (Гасан-Кули), но уже в Кизыл-Атреке половина всех дней бывает с суховейно-засушливой погодой, наибольшая же повторяемость (до 100% в июле) такой погоды отмечается в Часкаке. В Керки под влиянием Амударьи и большого оазиса повторяемость суховейно-засушливой погоды несколько уменьшается. Заметно также уменьшение повторяемости облачных погод по мере продвижения с запада на восток. В некоторых случаях в долине Атрека образуются влажнотропические погоды. В общем чем дальше от Каспия, тем лето жарче и засушливее.

Зимой различия менее существенны. Однако и в это время года отчетливо видно увеличение повторяемости умеренно морозных погод с запада на восток при одновременном уменьшении числа случаев пасмурных и дождливых погод.

Теплообеспеченность вегетационного периода

Успешное возделывание сельскохозяйственных культур в любом районе определяется в первую очередь тепло- и влагообеспеченностью вегетационного периода. Для более полной оценки теплообеспеченности были вычислены вероятностные характеристики, позволяющие определить диапазон крайних значений климатических показателей за длительный период времени.

В зоне канала богатые термические ресурсы позволяют всюду выращивать хлопчатник, а на юго-западе — даже тонковолокнистые сорта его. Период вегетации хлопчатника совпадает с периодом средней суточной температуры воздуха выше 10°. Переход ее весной через 10° в сторону повышения осуществляется в среднем в марте (90% вероятности до 1 апреля и 10% до 1 марта), а переход в сторону похолодания — в

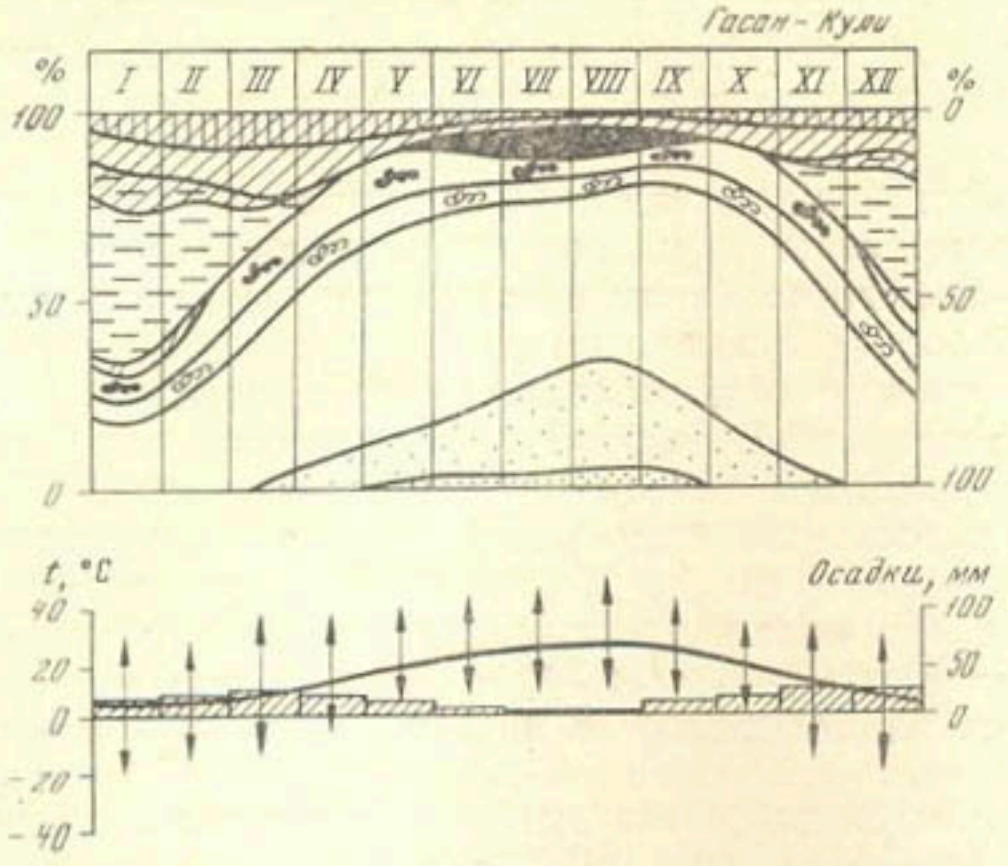
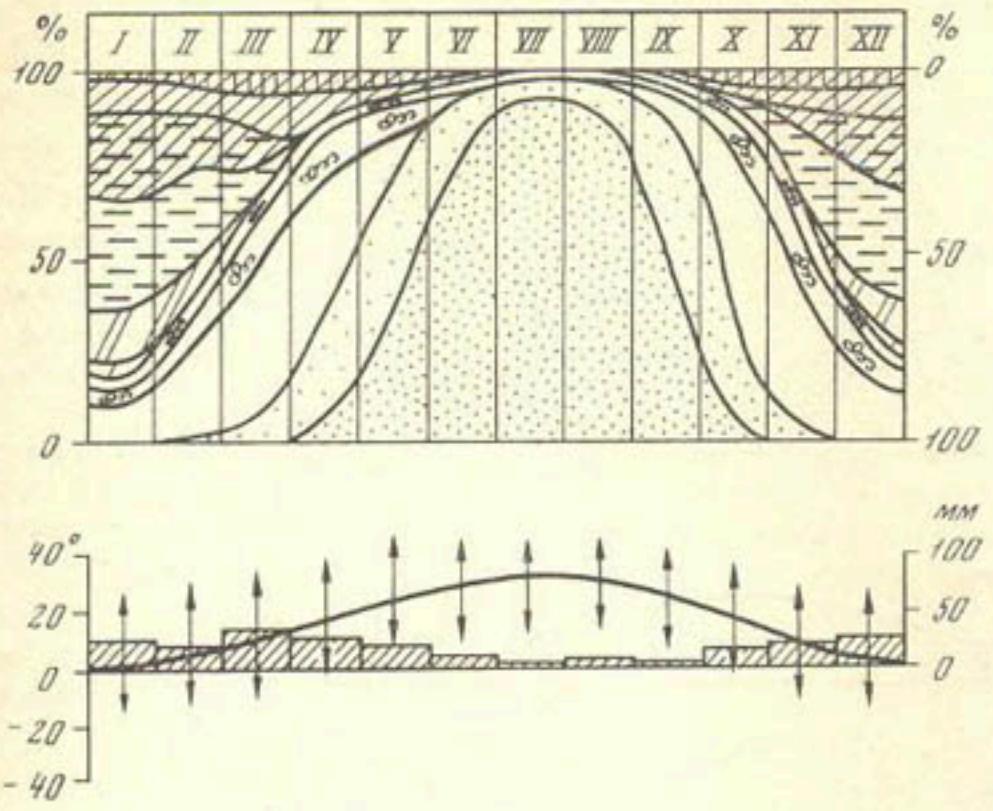
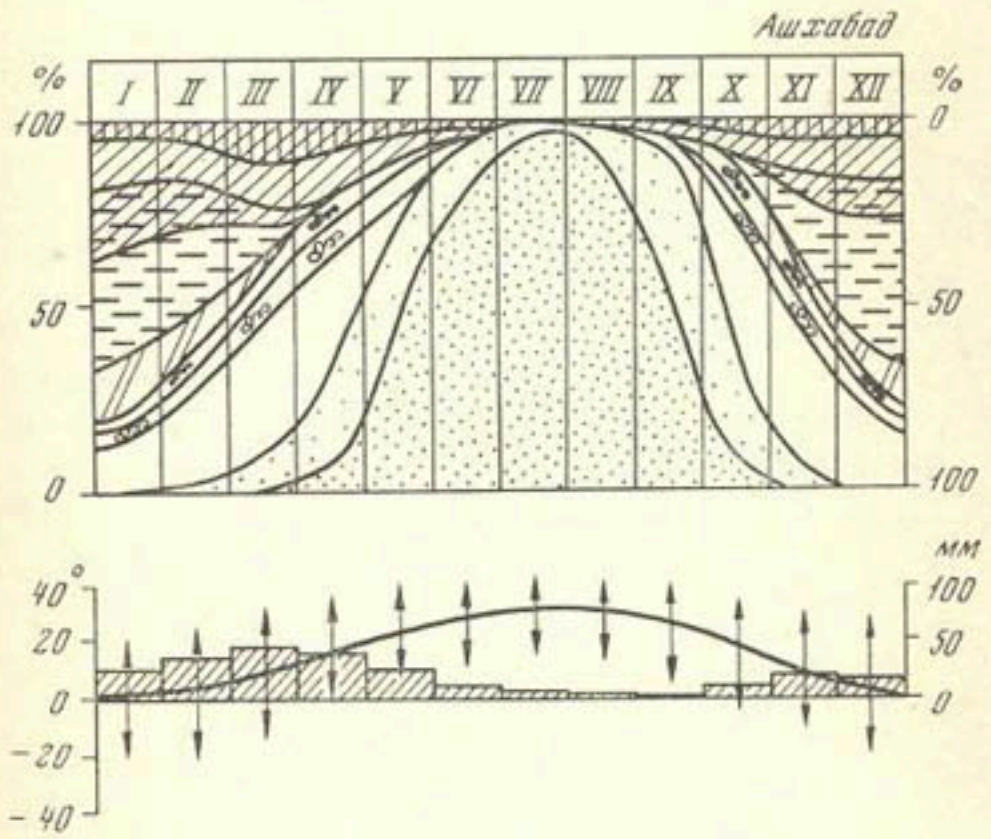


Рис. 8. Климат в погодах в пунктах, расположенных в зоне Каракумского канала

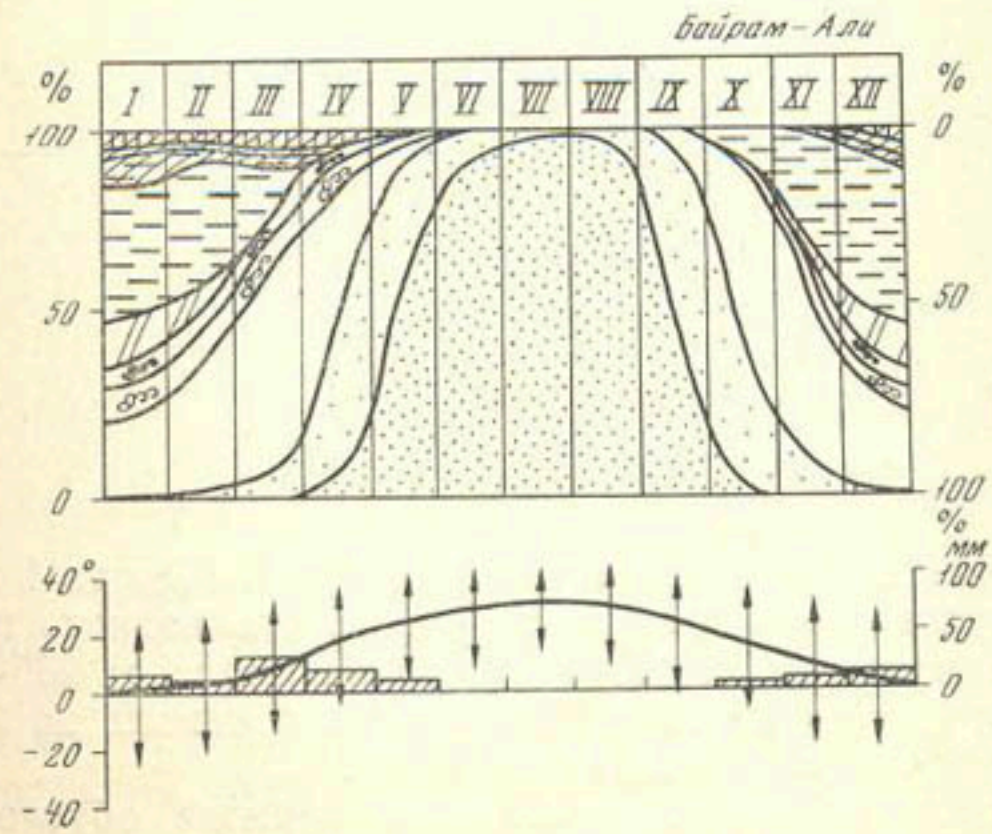
Кизыл-Арват



Ашхабад



Байрам-Али



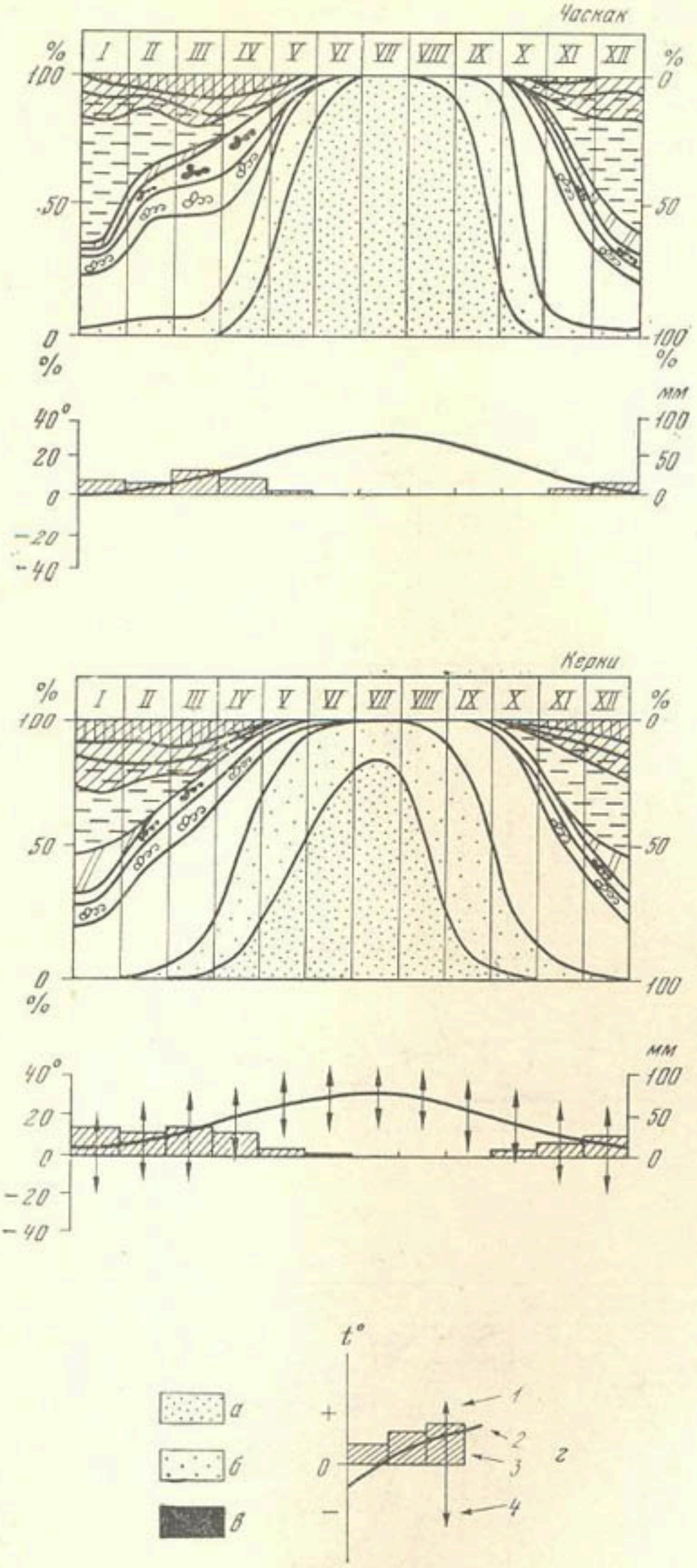


Рис. 8 (окончание)

Безморозные погоды: *а* — суховейно-засушливая ($t_{сс}>22°$, $r_{сс}<40\%$); *б* — умеренно засушливая ($t_{сс}>22°$, $r_{сс}$ от 40 до 60%); *в* — влажнотропическая ($t_{сс}>22°$, $r_{сс}>80\%$); *г* — линии, разделяющие классы погоды по температуре: *1* — крайние значения максимальной температуры; *2* — кривая годового хода температуры; *3* — месячное количество осадков; *4* — крайние значения минимальной температуры. $t_{сс}$ — средняя суточная температура, $r_{сс}$ — средняя суточная относительная влажность. Остальные обозначения см. на рис. 5

ноябре (90% вероятности не ранее 20 ноября и 10% до 1 ноября). Следовательно, средняя продолжительность вегетационного периода хлопчатника превышает семь месяцев. Она колеблется от 255—258 дней на юго-западе и юго-востоке зоны Каракумского канала до 229—233 дней на подгорной равнине Копетдага (табл. 17).

Большая длительность вегетационного периода обусловливает значительную сумму положительных температур воздуха выше 10°. Средние многолетние суммы таких температур составляют от 5920° на юго-

Таблица 17

Продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха выше 10°, число дней

Метеорологическая станция	Средняя	Наименьшая	Вероятность продолжительности, указанной и большей, %		
			90	50	10
Шерабад	258	226	242	258	185
Карши	229	197	213	229	256
Чаршанга	255	223	241	255	282
Керки	243	211	229	243	267
Ничка	239	207	225	239	266
Байрам-Али	235	203	221	235	262
Иолотань	234	202	220	234	261
Теджен	240	208	226	240	267
Серахс	243	211	229	243	279
Ашхабад	233	201	219	233	260
Кизыл-Арват	229	197	215	229	256
Небит-Даг	243	218	230	243	259
Бекибент	238	213	225	238	254
Бугдайлы	238	213	225	238	254
Кизыл-Атрек	258	233	245	258	274

Таблица 18

Сумма температур воздуха выше 10°

Метеорологическая станция	Средняя	Наименьшая	Вероятность сумм температур, указанных и больших, %		
			90	50	10
Шерабад	5993	5313	5563	5993	6546
Карши	5094	4414	4664	5094	5644
Чаршанга	5920	5250	5620	5920	6320
Керки	5300	4630	5000	5300	5700
Ничка	5506	4836	5206	5506	5906
Байрам-Али	5268	4598	4968	5268	5668
Иолотань	5037	4367	4737	5037	5437
Теджен	5409	4739	5109	5409	5809
Серахс	5402	4732	5102	5402	5802
Ашхабад	5357	4687	5057	5357	5757
Кизыл-Арват	5296	4626	4996	5296	5696
Небит-Даг	5655	5065	5415	5655	5895
Бекибент	5134	4664	4874	5134	5454
Бугдайлы	5178	4708	4918	5178	5498
Кизыл-Атрек	5510	5040	5250	5510	5830

востоке до 5134° на юго-западе зоны канала (табл. 18). В отдельные годы наблюдаются заметные отклонения.

Для вызревания тонковолокнистого хлопчатника необходима сумма эффективных температур воздуха [1] не меньше 2200°. При современном уровне обводнения прилегающей к каналу территории обеспеченность

[1] Эффективная температура — среднесуточная температура воздуха, превышающая 10°, т. е. разность между фактической температурой и +10°.

тепловыми ресурсами такова, что во всей зоне его влияния можно ежегодно ожидать созревание очень поздних сортов хлопчатника. Исключение составляют районы Иолотани и Бекибента, где 1—2 раза в 100 лет термические ресурсы могут оказаться недостаточными для нормального раскрытия коробочек. При дальнейшем обводнении часть тепловых ресурсов будет израсходована на суммарное испарение и теплообеспеченность вегетационного периода в зоне канала составит 97—99%, за исключением района Чаршанги, где она ежегодно будет достаточной, причем вычисленный коэффициент использования термических ресурсов хлопчатником очень поздних сортов (КИТР) [1] указывает на то, что на период накопления урожая (с начала созревания до конца вегетационного периода) придется 17—26%, а в районе Чаршанги — до 35% суммы эффективных температур вегетационного периода (табл. 19).

Таблица 19

Теплообеспеченность вегетационного периода очень поздних сортов хлопчатника при посеве после перехода средней суточной температуры воздуха через 10°

Метеорологическая станция	При современном обводнении			С развитием обводнения		
	сумма эффективных температур	теплообеспеченность, %	КИТР	сумма эффективных температур	теплообеспеченность, %	КИТР
Чаршанга	3380	100	1,54	2980	100	1,35
Керки	2880	100	1,31	2680	98	1,22
Ничка	3155	100	1,43	2755	99	1,25
Байрам-Али	2928	100	1,33	2728	98	1,24
Иолотань	2707	98	1,23	2707	98	1,23
Теджен	3029	100	1,38	2629	97	1,19
Серахс	2982	100	1,35	2782	99	1,26
Ашхабад	3037	100	1,38	2637	98	1,20
Кизыл-Арват	3016	100	1,37	2616	97	1,19
Бекибент	2764	99	1,26	2564	97	1,17
Бугдайлы	2818	100	1,28	2618	97	1,19
Кизыл-Атрек	2940	100	1,34	2740	98	1,24

При определении степени благоприятности условий произрастания той или иной культуры в конкретном районе необходимо учитывать и другие метеорологические факторы, которые могут задерживать развитие растений: высокие температуры воздуха, суховейность и морозоопасность, из-за которых тепловые ресурсы вегетационного периода не могут использоваться в полной мере. Известно, что пределами оптимальных температур роста и развития хлопчатника является средняя суточная температура 25—27° (Бабушкин, 1960). Средние суточные температуры воздуха выше 30°, при которых максимальная температура воздуха обычно поднимается до 40° и выше, действуют отрицательно, особенно в период от бутонизации до цветения.

Оптимальные температурные условия для развития хлопчатника почти по всей зоне канала наступают во второй половине мая и только на юго-западе — в конце первой декады июня. Осенью переход средней суточной температуры воздуха через 25° происходит в основном в первой декаде сентября. Максимальная продолжительность периода со средними суточными температурами воздуха выше 25° отмечается в юго-восточных районах зоны канала и минимальная — в юго-западных и Мургабском оазисе.

[1] Отношение средней многолетней суммы эффективных температур воздуха к сумме температур, необходимой для наступления фазы созревания.

В юго-западной части зоны канала и в районах хорошо развитого орошения (Иолотань, Керки) устойчивый период со средней суточной температурой воздуха выше 30° отсутствует, в остальной части рассматриваемой территории такой период наступает в июне — июле и сохраняется от 22 до 63 дней, что составляет от 9 до 24% продолжительности вегетации хлопчатника. Таким образом, часть сумм положительных температур хлопчатником не используется (табл. 20).

Таблица 20

Даты перехода средних суточных температур воздуха через 25 и 30° и число дней с температурой, превышающей эти пределы

Метеорологическая станция	Переход t через 25°		Число дней с t выше 25°		Переход через 30°		Число дней с t выше 30°	
	при повышении	при понижении	всего	% числа дней вегетационного периода	при повышении	при понижении	всего	% числа дней вегетационного периода
Шерабад	16.V	14.IX	120	46	15.VI	18.VIII	63	24
Карши	29.V	31.VIII	93	41	8.VII	31.VII	22	10
Чаршанга	12.V	10.IX	120	47	15.VI	17.VIII	62	24
Керки	24.V	30.VIII	97	40	—	—	—	0
Ничка	20.V	7.IX	109	46	21.VI	12.VIII	51	21
Байрам-Али	25.V	5.IX	102	43	7.VII	30.VII	22	9
Иолотань	28.V	27.VIII	90	38	—	—	—	0
Теджен	22.V	5.IX	102	42	2.VII	31.VII	28	12
Серахс	23.V	8.IX	107	44	2.VII	30.VII	27	11
Ашхабад	25.V	10.IX	107	46	2.VII	3.VIII	41	18
Кизыл-Арват	23.V	11.IX	110	48	3.VII	13.VIII	40	18
Небит-Даг	23.V	18.IX	117	48	29.VI	28.VIII	59	24
Бекибент	6.VI	10.IX	95	40	—	—	—	0
Бугдайлы	8.VI	11.IX	94	39	—	—	—	0
Кизыл-Атрек	8.VI	15.IX	98	38	—	—	—	0

С высокими температурами воздуха, ограничивающими полное использование термических ресурсов вегетационного периода, связаны такие опасные для хлопчатника явления, как воздушные засухи и суховеи, учет которых приобретает существенное значение при оценке благоприятности условий возделывания этой сельскохозяйственной культуры. Длительность периода с возможным развитием суховейных явлений независимо от их интенсивности в зоне канала превышает 100 дней, только в хорошо увлажненных районах (Иолотань, Керки) и на западе Туркмении она уменьшается до 95—70 дней. В зоне канала преобладают слабые суховеи и проявляются они с середины мая до первых чисел сентября. Средние и сильные суховеи бывают редко. В наиболее благоприятном положении находятся хорошо увлажненные районы Приамударьинского и Мургабского оазисов и юго-западные районы.

Таким образом, летом (май — сентябрь), в период бутонизации, цветения и созревания хлопчатника, в юго-восточной части зоны канала наблюдаются температуры воздуха, сопровождаемые суховейными явлениями.

Использование термических ресурсов ограничивается также весенними заморозками, так как в большей части районов зоны канала они прекращаются уже после перехода средней суточной температуры через 10°: в 90% всех лет в последних числах февраля — начале марта и в 5%

случаев — в апреле. Из-за поздневесенних заморозков приходится отодвигать сроки сева.

Немаловажную роль играют и осенние заморозки, с наступлением которых вегетация хлопчатника прекращается. Первые осенние заморозки наступают прежде всего в Мургабском оазисе (третья декада октября), затем на юго-востоке и на большей части подгорной равнины Копетдага (первая декада ноября), позже — на северо-западе подгорной равнины (вторая декада декабря) и еще позже — на крайнем юго-западе (конец третьей декады ноября). От года к году даты наступления первых заморозков заметно колеблются.

Значительные колебания от года к году дат последних весенних и первых осенних заморозков приводят к значительным изменениям продолжительности безморозного периода (табл. 21).

Таблица 21

Продолжительность безморозного периода разной вероятности, число дней

Метеорологическая станция	Средняя	Наименьшая	Вероятность продолжительности, указанной и большей, %		
			90	50	10
Шерабад	272	217	240	272	304
Карши	213	178	192	213	233
Чаршанга	244	199	217	244	271
Керки	241	196	214	241	268
Ничка	222	177	195	222	249
Байрам-Али	216	178	193	216	239
Иолотань	215	177	192	215	238
Теджен	232	194	209	232	255
Серахс	232	194	209	232	255
Ашхабад	232	194	209	232	255
Кизыл-Арват	237	199	214	237	260
Небит-Даг	240	202	217	240	263
Бекибент	239	194	212	239	266
Бугдайлы	224	186	201	224	244
Кизыл-Атрек	266	221	239	266	293

Сопоставление продолжительности безморозного и вегетационного периодов показывает, что в юго-восточной части зоны канала, а также в Мургабском и Тедженском оазисах безморозный период, как правило, короче вегетационного периода на 10—20 дней, что приводит к уменьшению тепловых ресурсов в среднем на 88—200°.

Таким образом, большие тепловые ресурсы вегетационного периода на юго-востоке зоны канала не могут полностью использоваться хлопчатником, что следует учитывать при освоении новых земель. Кроме того, при расчете дат наступления фаз его развития в данные наблюдений метеорологических станций, расположенных на неполивной пустынной территории, необходимо ввести микроклиматические поправки на орошение, так как без них расчетные даты будут приходиться на более ранние сроки, чем при орошении (на 11—17 дней). Расчеты, проведенные с учетом микроклиматических поправок, предложенных С. А. Сапожниковой (1952), показали, что вычисленные с учетом температурного эффекта орошения даты созревания хлопчатника отстают от фактически наблюденных на 0—5 дней (табл. 22).

При определении скорости раскрытия коробочек необходимо учитывать и сумму среднего суточного дефицита влажности воздуха, а также

Таблица 22

Средние многолетние фактические и рассчитанные по температурным условиям даты созревания тонковолокнистых сортов хлопчатника

Метеорологическая станция	Фактические (n_1)	Рассчитанные		n_1-n_2	n_1-n_3
		без учета орошения (n_2)	с учетом орошения (n_3)	число дней	
Байрам-Али	2.IX	22.VIII	5.IX	+11	—3
Мары	4.IX	20.VIII	4.IX	+15	—8
Теджен	5.IX	19.VIII	7.IX	+17	—2
Каахка	4.IX	21.VIII	9.IX	+14	—5
Бахарден	4.IX	18.VIII	4.IX	+17	0

Таблица 23

Изменение дефицита влажности (среднего месячного и в 13 часов) при орошении, *мб* ($\Delta d = d_{\text{орош}} - d_{\text{неорош}}$)

	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь
				Δd средний месячный				
Малый оазис	—1,5	—4,6	—6,9	—8,8	—7,9	—4,3	—0,9	+0,4
Большой оазис	—2,0	—6,1	—9,4	—12,7	—11,1	—6,7	—2,1	—0,2
				Δd в 13 часов				
Малый оазис	—3,1	—5,9	—6,9	—9,0	—6,2	—5,0	—1,6	—0,1
Большой оазис	—2,5	—7,0	—11,0	—15,4	—13,1	—8,2	—4,2	—1,4

величину ее дефицита в 13 часов. При расчете мы приняли поправки к наблюдениям метеорологических станций, расположенных до обводнения в неорошаемой зоне, на температуру и на дефицит влажности воздуха. Поправки на дефицит влажности получены путем сравнения среднего месячного дефицита влажности воздуха по наблюдениям метеорологических станций, расположенных на одной и той же широте и на близких высотах в пустыне и оазисах (табл. 23).

Водопотребление хлопчатника

Крайнюю засушливость Южной и Юго-Западной Туркмении подтверждают значения предложенного Г. Т. Селяниновым (1961) гидротермического коэффициента $\left(\text{ГТК} = \frac{10\Sigma \text{ осадков при } t \text{ выше } 10^\circ}{\Sigma \text{ активных температур}}\right)$, которые колеблются на этой территории от 0,11 до 0,24.

Метеорологическая станция	ГТК	Метеорологическая станция	ГТК
Керки	0,14	Кизыл-Арват	0,22
Ничка	0,11	Небит-Даг	0,15
Байрам-Али	0,13	Бекибент	0,21
Иолотань	0,14	Бугдайлы	0,13
Теджен	0,14	Кизыл-Атрек	0,23
Ашхабад	0,24		

Г. Т. Селянинов (1961) установил, что неорошаемое земледелие возможно только при ГТК$>$0,30. Таким образом, приведенные выше значения ГТК показывают, что нормальное развитие сельскохозяйст-

Таблица 24

Величина суммарного испарения по фазам вегетации при современном уровне обводнения, $м^3/га$

Метеорологическая станция	Посев—всходы	Всходы—бутонизация	Бутонизация—цветение	Цветение—созревание	Созревание—губительный заморозок	Сумма
Шерабад	294	1121	1859	5796	4366	13 436
Карши	222	1102	1797	5566	1888	10 597
Чаршанга	312	1203	1901	5971	4118	13 505
Керки	294	1025	1617	4993	1950	9 879
Иолотань	278	1088	1537	4450	2079	9 432
Теджен	322	1245	1880	5782	2501	11 730
Ашхабад	276	1098	1541	5184	2346	10 545
Казанджик	322	1262	1794	5314	2538	11 230
Бугдайлы	262	934	1238	3668	1521	7 623
Кизыл-Атрек	234	863	1102	2938	2237	7 374

Таблица 25

Суммарное испарение по фазам вегетации с учетом расширения обводнения, $м^3/га$

Метеорологическая станция	Посев—всходы	Всходы—бутонизация	Бутонизация—цветение	Цветение—созревание	Созревание—губительный заморозок	Сумма
			Малый оазис			
Шерабад	260	910	1503	4480	3666	10 819
Карши	202	822	1374	4100	1585	8 083
Чаршанга	284	1006	1540	4705	3520	11 055
Керки	268	806	1210	3505	1597	7 386
Теджен	292	998	1463	4350	2152	9 255
Ашхабад	244	848	1175	3798	1965	8 030
Казанджик	278	995	1370	4014	2160	8 817
			Большой оазис			
Шерабад	244	815	1336	3960	3689	10 044
Карши	182	697	1183	3431	1550	7 043
Чаршанга	270	946	1390	4140	3095	9 841
Теджен	282	906	1282	3740	1888	8 098
Казанджик	264	910	1191	3391	1934	7 690

венных культур в зоне канала без орошения невозможно. Используя значения дефицита влажности и коэффициентов биологической кривой водопотребления хлопчатника, были вычислены суммарные расходы влаги с хлопковых полей.

Средние величины водопотребления хлопчатника по фазам его вегетации при современном уровне обводнения приведены в табл. 24. Минимальное водопотребление отмечается в Юго-Западной Туркмении, максимальное — в Чаршанге. В табл. 25 приведены значения суммарного испарения с учетом уменьшения среднего суточного дефицита влажности при разных уровнях обводнения.

Пользуясь величинами суммарного испарения можно рассчитывать режим орошения хлопчатника на вновь осваиваемых землях. Такие расчеты приведены для Бекибента и Кизыл-Атрека, где будет развиваться хлопководство (табл. 26).

Таблица 26

Режим орошения хлопчатника

Полив	Поливные нормы, м³/га		Сроки полива			Полив	Поливные нормы, м³/га		Сроки полива		
	нетто	брутто	начало	конец	продолжительность, число дней		нетто	брутто	начало	конец	продолжительность, число дней
	Бекибент						Кизыл-Атрек				
	Легкосуглинистая почва										
1	500	600	20.V	4.VI	16	1	500	600	20.V	9.VI	21
2	600	700	5.VI	19.VI	15	2	650	800	10.VI	27.VI	18
3	700	850	20.VI	5.VII	15	3	700	850	28.VI	14.VII	17
4	800	950	6.VII	19.VII	14	4	800	950	15.VII	1.VIII	17
5	800	950	20.VII	1.VIII	13	5	800	950	2.VIII	15.VIII	14
6	800	950	2.VIII	13.VIII	12	6	800	950	16.VIII	7.IX	23
7	800	950	14.VIII	26.VIII	13	7	750	900	8.IX	29.IX	22
8	750	900	27.VIII	10.IX	15	Всего за вегетацию	5000	6000			
9	750	900	11.IX	27.IX	17						
Всего за вегетацию	6500	7750									
	Среднесуглинистая почва										
1	600	700	23.V	9.VI	18	1	600	700	25.V	15.VI	22
2	750	850	10.VI	27.VI	18	2	750	850	16.VI	5.VII	20
3	900	1000	28.VI	15.VII	18	3	950	1100	6.VII	26.VII	20
4	950	1100	16.VII	1.VIII	17	4	950	1100	27.VII	13.VIII	18
5	950	1100	2.VIII	14.VIII	13	5	950	1100	14.VIII	10.IX	28
6	950	1100	15.VIII	29.VIII	15	6	800	1000	11.IX	8.X	28
7	700	800	30.VIII	13.IX	18	Всего за вегетацию	5000	5850			
8	700	800	14.IX	5.X	22						
Всего за вегетацию	6500	7450									
	Тяжелосуглинистая почва										
1	700	800	26.V	14.VI	20	1	700	800	30.V	21.VI	23
2	900	1000	15.VI	5.VII	20	2	1000	1100	22.VI	15.VII	23
3	1100	1200	6.VII	24.VII	19	3	1100	1200	16.VII	6.VIII	22
4	1100	1200	25.VII	10.VIII	17	4	1100	1200	7.VIII	7.IX	31
5	1100	1200	11.VIII	28.VIII	18	5	1050	1100	8.IX	10.X	33
6	800	900	29.VIII	13.IX	16	Всего за вегетацию	4950	5400			
7	800	900	14.IX	8.X	24						
Всего за вегетацию	6500	7200									

Агроклиматическое районирование

По показателям тепло- и влагообеспеченности в зоне Каракумского канала выделяются пять агроклиматических округов и семь районов: I. Каракумский юго-восточный округ; II. Мургабо-Тедженский округ, в который входят Мургабский (*1*) и Тедженский (*2*) районы; III. Предгорно-горный округ с Прикопетдагским (*3*) и горным (*4*) районами; IV. Южно-Каракумский округ; V. Закопетдагский округ, включающий Прибалханский (*5*), Мешхед-Мессарианский (*6*) и Кизыл-Атрекский (*7*)

Таблица 27

Основные климатические показатели агроклиматических округов

Метеорологическая станция	Дата перехода температуры через 10°		Продолжительность периода, число дней	Средние даты начала и конца заморозков		Средняя продолжительность периодов с t 10°, число дней	Разница продолжительности безморозного периода и периода с $t \geqslant 10°$, в днях	Сумма температур выше 10°		Даты наступления заморозка 90% обеспеченности		Продолжительность безморозного периода обеспеченностью 90%, число дней	Сумма активных t выше 10° обеспеченностью 90%
	весна (март)	осень (ноябрь)		весна (март)	осень (ноябрь)			активных	эффективных	последний	первый		
Каракумский юго-восточный округ													
Чаршанга	5	15	254	9	9	244	—10	5920	3322	27.III	26.X	217	5620
Керки	10	8	242	13	10	241	—1	5300	2828	31.III	27.X	214	5000
Ничка	13	7	238	17	26	222	—16	5506	3074	4.IV	12.XI	195	5206
Мургабо-Тедженский округ													
Байрам-Али	17	7	234	22	25*	216	—18	5268	2878	9.IV	11.X	193	4968
Иолотань	18	7	233	22	24*	215	—18	5037	2657	9.IV	10.X	192	4737
Теджен	16	11	238	15	3	232	—6	5409	2977	2.IV	20.X	209	5109
Серахс	15	13	242	16	4	232	—10	5402	2926	3.IV	21.X	209	5102
Предгорно-горный округ, Прикопетдагский район													
Каахка	19	9	234	16	7	235	1	5330	2936	3.IV	24.X	212	5030
Ашхабад	20	8	232	16	4	232	0	5357	2989	3.IV	21.X	209	5057
Бахарден	20	8	233	18	8	234	1	5403	3021	5.IV	23.X	211	5103
Кизыл-Арват	21	5	228	18	11	237	9	5296	2968	5.IV	28.X	214	4996
Казанджик	21	6	229	16	14	242	13	5361	3023	3.IV	31.X	219	5061
Закопетдагский округ													
Небит-Даг	17	16	243	18	14	240	—3	5655	3171	7.IV	31.X	217	5415
Бекибент	23	16	237	24	19	239	2	5134	2708	13.IV	5.XI	212	4874
Бугдайлы	20	13	236	22	2	224	—12	5178	2757	11.IV	19.X	201	4913
Кизыл-Атрек	15	28	257	7	29	267	10	5510	2872	27.III	15.XI	239	5250
Южно-Каракумский округ													
Интерполяция	18	6	227	15	4	227	0,1	5300	3000	2.IV	21.X	204	4900
	23	8	234	22	5	233		5500	3200	7.IV	28.X	210	5200

* Октябрь.

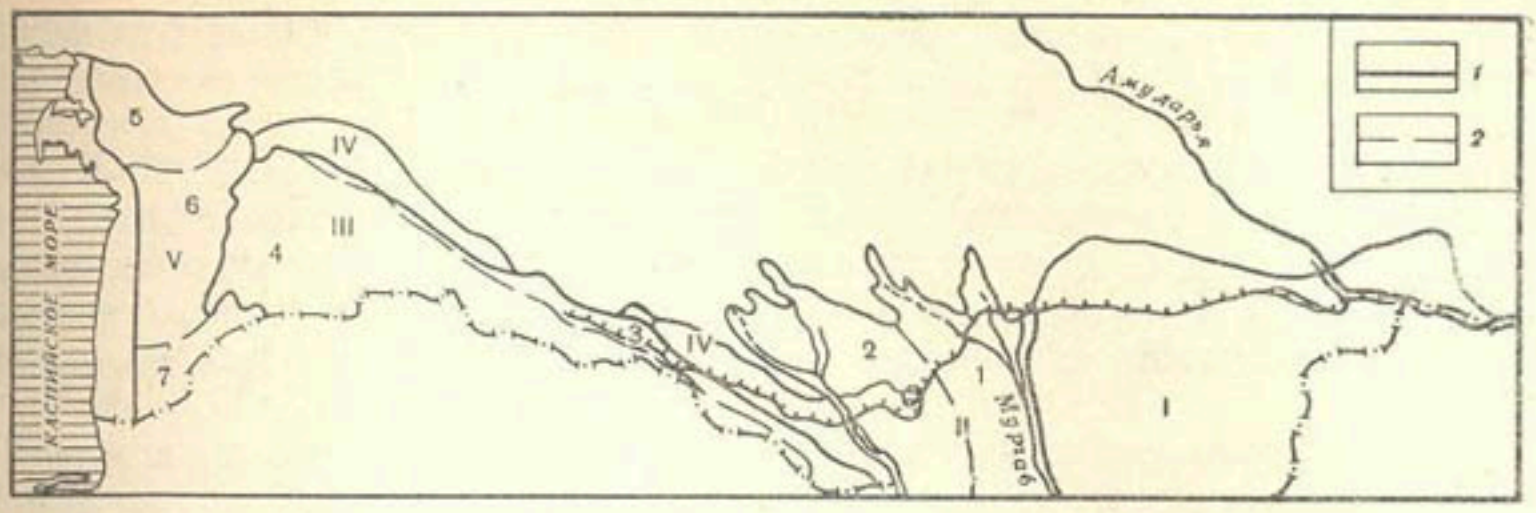


Рис. 9. Агроклиматическое районирование

1 — границы округов; *2* — то же, районов. Обозначения и названия округов и районов см. в тексте

районы (рис. 9). Основные климатические показатели выделенных округов приведены в табл. 27. Из таблицы видно, что термические условия на всем протяжении зоны канала достаточны для выращивания тонковолокнистого хлопчатника и позволяют снимать шесть-семь надежных укосов люцерны.

При освоении новых земель следует учитывать указанные выше вредные для роста хлопчатника метеорологические явления — заморозки, суховеи, периоды с высокой (выше 30°) средней суточной температурой. Детально с различными агроклиматическими характеристиками можно ознакомиться в предыдущей нашей работе (Орловский, 1975).

ПОЧВЫ

Среди почв зоны Каракумского канала различаются автоморфные и гидроморфные почвы. Спецификой автоморфных почв является крайне маломощный (20—40 *см*) почвенный профиль[1]. Это результат неглубокого промачивания почвообразующей породы атмосферными осадками. Благоприятные сочетания температуры и влаги, вызывающие активное развитие биологических процессов формирования почв, наблюдаются лишь в короткие периоды ранней весны и частично начала зимы. Наиболее распространены серо-бурые, такыровидные и песчаные пустынные почвы, а также такыры.

Гидроморфные почвы пустынь образуются под влиянием избыточного поверхностного и грунтового увлажнения с преобладанием восходящих токов над нисходящими. Такие условия увлажнения приводят к возникновению почв лугово-солончаково-солонцового ряда, имеющих более глубокий почвенный профиль. К ним относятся болотные и луговые почвы, а также разнообразные солончаки, формирующиеся при близком залегании к поверхности минерализованных грунтовых вод.

К почвам, сочетающим признаки автоморфности и гидроморфности, принадлежат лугово-сероземные и лугово-такыровидные почвы.

В аридных условиях ведущим фактором в формировании типа почвы является механический состав почвообразующих пород. Поэтому в пониженных частях подгорных равнин Южной Туркмении, а также на древнедельтовых равнинах, сложенных с поверхности в основном глинистым материалом, формируется комплекс такыровидных почв, разнообразных такыров и солончаков. На более высоких частях подгорных равнин, сложенных хорошо дренируемыми суглинистыми и лёссовидными наносами, развиты светлые сероземы. Для значительных

[1] Корни отдельных растений проникают на значительно бóльшую глубину, что, однако, не оказывает влияния на формирование почвенного профиля.

площадей Юго-Восточных Каракумов характерны песчаные пустынные почвы со свойственной им слабой дифференциацией профиля на горизонты.

В современных дельтах и долинах рек ведущий фактор почвообразования — режим грунтовых вод, а также их минерализация. К ним приурочен комплекс болотных, луговых, лугово-аллювиальных, незасоленных и сильно засоленных почв и солончаков. Солончаки встречаются не только в комплексе с другими почвами, но и отдельными большими массивами.

В формировании почв оазисов исключительно велика роль хозяйственной деятельности человека, направленная на формирование орошаемых почв, имеющих наиболее глубокий профиль.

Староорошаемые почвы с мощным агроирригационным горизонтом — типичные почвы древних оазисов. Нарастание мощности агроирригационного горизонта зависит от мутности оросительной воды, а также от интенсивности орошения. В Мургабском оазисе, например, известны участки, где на 1 *га* за год откладывалось до 30—40 *т* ирригационных наносов. Повторяющийся столетиями процесс привноса наносов и их агрохозяйственная обработка сопровождались накапливанием и консервированием почвенных признаков, обусловленных хозяйственной деятельностью человека.

Орошаемые почвы сходны с луговыми. Их объединяют признаки окислительно-восстановительных процессов, относительно повышенное содержание карбонатов щелочноземельных оснований. Емкость поглощения в орошаемых почвах, как и в такырах, низкая (6—18 *мг-экв* на 100 *г* почвы). В составе поглощенных катионов преобладают кальций и магний. Особенностью поглощающего комплекса является относительно высокое содержание обменного магния, с которым связаны морфологические признаки солонцеватости. На долю поглощенного натрия приходится лишь 4—10% суммы поглощенных оснований (Санин, 1971).

Содержание гумуса обычно не превышает 0,8—1,8%, но так как такое количество его отмечается в метровой и даже двухметровой толще, то общие запасы органического вещества в этих толщах во много раз больше, чем в тех же толщах целинных почв.

Обширность территории, разнородность почвообразующих пород и другие ее особенности предопределили разнообразие условий почвообразования.

Юго-Восточные Каракумы

Земельные ресурсы долины Амударьи издавна используются для орошаемого земледелия. Здесь преобладают гидроморфные почвы: луговые орошаемые, пойменно-аллювиальные и солончаки.

Луговые почвы приурочены к надпойменной террасе. Они сложены преимущественно слоистыми суглинистыми отложениями, подстилаемыми на глубине 1,5—2 *м* серыми песками. Мощность агроирригационного слоя —50—100 *см*. Почвы на орошаемых участках не засолены или слабо засолены (содержание плотного остатка —0,2—0,3%, хлора — 0,01—0,02%). Прекращение орошения влечет за собой быстрое и интенсивное засоление почв, значительно возрастает содержание хлоридов.

Содержание гумуса достигает 1,5%. Среди орошаемых полей встречаются пятна солончаков, приуроченные в основном к понижениям.

В пойме на молодых слоистых аллювиальных наносах развиты слабо дифференцированные луговые пойменно-аллювиальные почвы.

Почво-грунты Келифского солончакового понижения (дельта Балха), примыкающего с запада к полосе барханов, ограничивающей левый борт долины Амударьи, преимущественно песчано-супесчаные; содержание солей в верхней полуметровой толще достигает 3—4%, а в корочке

местами повышается до 30%. На западе солончакового понижения выделяются засоленные песчаные пустынные почвы на мелкогрядово-бугристых песках. Солевой максимум отмечается на глубине 30—50 *см*, плотный остаток составляет 1—2%.

В Обручевской степи развиты песчаные пустынные почвы, сложенные тонкозернистыми пылеватыми песками. Карбонатность почв повышенная —7—9% CO_2. Почвы практически незасоленные. Содержание гумуса —0,5—0,7%. Водопроницаемость и дренируемость почво-грунтов хорошие (табл. 28).

Такыровидные почвы распространены полосой от колодцев Гендычи и Имамназар в направлении Рахимсардобы и далее на северо-запад. Более крупные массивы их приурочены к южной половине аллювиально-дельтовой равнины, а непосредственно в зоне канала таких земель мало. Такыровидные почвы сложены слоистыми суглинками с прослоями глин и песка. Содержание физической глины достигает 35—45%, ила —20%. Почвы засолены с поверхности (плотный остаток составляет 0,5%, ниже количество солей возрастает до 1—2%). Отмечаются уменьшение хлоридов с глубиной и увеличение сульфатов. Гумусность низкая — 0,5—0,6%, содержание общего азота —0,03—0,6%.

В комплексе с такыровидными почвами распространены такыры. Они сложены преимущественно глинами и суглинками с прослоями песка. Содержание физической глины —40—55%, иногда до 70%, а фракций ила —20—30%. Такыры большей частью сильно засолены с поверхности, плотный остаток в метровой толще достигает 1—3%, хлориды преобладают над сульфатами. В поверхностном горизонте общая щелочность повышается до 0,06%, что косвенно указывает на проявление солонцеватости. Гумусность такыров низкая —0,4—0,6%.

Между Мургабским оазисом и Обручевской степью канал пересекает грядовые пески, в различной степени закрепленные растительностью. На закрепленных песках формируются слаборазвитые незасоленные песчаные пустынные почвы с очень низким содержанием ила —2—4%. Гумуса и азота в них содержится соответственно 0,4 и 0,04%. Водопроницаемость и дренируемость этих почв хорошие. Отмечается некоторая засоленность (до 0,5% и более) песчаных почв под черносаксауловыми зарослями за счет минерализованного опада.

Наиболее плодородны луговые орошаемые почвы долины Амударьи, но в них имеет место вторичное засоление вследствие близкого залегания минерализованных грунтовых вод. Песчаные пустынные и такыровидные почвы Обручевской степи пригодны под поливное земледелие.

В Мургабском оазисе интенсивное антропогенное воздействие предопределило большую пестроту и комплексность почвенного покрова. В оазисе сформировался агроирригационный слой мощностью до 6 *м* (Минашина, 1965).

Вдоль канала вниз по склону приканального повышения легкосуглинистые почвы сменяются суглинистыми, затем тяжелосуглинистыми и, наконец, глинистыми почвенными разностями. Такая последовательность размещения фаций прослеживается на расстоянии 0,3—1,5 *км* от канала.

Систематическое орошение определило своеобразие орошаемых почв. В них прослеживается нарастание засоленности от канала к межканальным понижениям. Наименьшим засолением характеризуются орошаемые массивы, приуроченные к наиболее высоким отметкам местности.

Систематическая обработка и обогащение пахотного слоя органическим материалом обусловили высокий объемный вес почво-грунтов. Общая скважность изменяется в пределах 45—49%. Общая влагоемкость метровой толщи составляет 29—30% (к объему), что при

насыщении этого слоя до полной полевой влагоемкости обеспечит запас влаги в 2900—3000 *м³/га*.

В Мургабском оазисе наиболее распространены луговые и такыровидные почвы (около 40% земельного фонда оазиса). Из всех почв оазиса они наиболее богаты элементами питания: валовый запас органического вещества в них в 5—7 раз выше, чем в пустынных почвах. Они содержат также большое количество гумуса (2—3%), хорошо обеспечены усвояемым фосфором (40—140 *мг/кг*) и доступными формами калия (более 400 *мг/кг*), содержание CO_2 составляет 9—10%. Значительная часть луговых орошаемых почв имеет среднюю степень засоления. Такыры, болотные, песчано-пустынные почвы и солончаки имеют здесь подчиненное значение.

Лугово-болотные и болотные почвы формируются большей частью в замкнутых приканальных понижениях при их слабой дренированности. Эти почвы подвержены вторичному засолению и заболачиванию; по механическому составу они тяжелые глинистые, характеризуются низким плодородием и без специальных мелиораций малопригодны для обычных поливных культур. В некоторых случаях их можно использовать под культуру риса.

Такыровидные орошаемые почвы занимают 17% площади оазиса, в основном они засолены слабо, однако 1500 *га* этих почв относятся к сильнозасоленным разностям. Почвы характеризуются пестрым профилем, сложенным супесчаными, суглинистыми и илистыми отложениями. Почвы, орошаемые в течение длительного времени, имеют более тяжелый механический состав и однородный профиль.

К отрицательным свойствам такыровидных орошаемых почв следует отнести низкую емкость обмена (7—8 *мг-экв* на 100 *г*) и повышенное содержание в поглощающем комплексе обменного магния. Питательными элементами такыровидные почвы бедны: азота в них содержится около 0,03—0,06%, доступного фосфора в корнеобитаемом горизонте — 15—25 *мг/кг* почвы. Содержание доступного калия меняется в зависимости от характера почвообразующей породы, но в целом его почти всегда достаточно (около 300 *мг/кг*). Содержание солей в слабо- и среднезасоленных такыровидных почвах колеблется от 0,05 до 0,3%, хлориды преобладают над сульфатами.

Такыровидные орошаемые почвы находятся на повышенных, удобных для орошения, участках и являются основным фондом орошаемого земледелия.

На орошаемые такыровидные, луговые, лугово-болотные и болотные почвы в целом приходится 24% земельного фонда оазиса.

Такыры в Мургабском оазисе занимают около 6% общей площади. Они распространены пятнами, сложены глинами и сильно засолены. На периферии оазиса засоление такыров преимущественно хлоридное; необходимо проведение широкого комплекса мелиоративных мероприятий.

На песчано-пустынные орошаемые почвы приходится 11% площади оазиса. Они не засолены или слабо засолены. Значительная часть их используется в орошаемом земледелии. Эти почвы бедны питательными элементами: содержание гумуса достигает 0,2—0,4%, калием они не обеспечены и содержат сравнительно мало подвижных форм фосфора — 7—12 *мг/кг*. В центральной части оазиса песчаные пустынные почвы развиты вдоль канала полосой в 200—300 *м*.

Солончаки занимают в оазисе около 2% площади. Все они вторичные, по механическому составу тяжелосуглинистые и глинистые. Содержание солей по плотному остатку колеблется от 1,5 до 3,5%, на поверхности доходит до 15% и выше. Солончаки приурочены к межканальным понижениям, поэтому в бездренажных условиях в разряд солончаков обычно переходят луговые орошаемые почвы. В то же время

Таблица 28

Характеристика почв Юго-Восточных Каракумов

Глубина, *см*	Содержание фракций, %		Состав водной вытяжки *							Гипс, %	CO_2, %	Гумус по Тюрину, %	Азот общий %	Фосфор по Мачигину, *мг/кг*	Калий по Протасову, *мг/кг*
	<0,001 *мм*	<0,01 *мм*	плотный остаток	HCO_3	Cl	SO_4	Ca	Mg	Na						
						Солончак, дельта Балха									
0—1	32,5	73,3	4,08	0,02 0,33	10,41 293,62	9,54 73,61	0,47 23,35	0,02 1,64	7,88 342,57	2,39	5,16	0,25	0,03	17,0	576
1—10	13,9	17,0	3,28	0,02 0,31	1,06 29,81	1,01 20,92	0,28 14,17	0,01 0,66	0,83 36,21	5,25	5,65	0,20	0,03	14,0	565
10—24	13,1	20,1	3,37	0,02 0,34	0,96 27,07	1,01 20,97	0,29 14,57	0,02 1,56	0,74 32,25	4,51	6,06	0,25	0,03	6,6	606
24—74	25,6	67,7	2,37	0,03 0,46	1,11 31,41	0,29 6,07	0,02 1,05	0,01 0,74	0,83 36,15	1,73	6,21	0,25	0,03	3,4	621
74—107	12,8	20,8	0,72	0,04 0,61	0,33 9,33	0,07 1,41	0,01 0,60	0,002 0,16	0,24 10,59	1,23	6,32	0,10	0,01	2,8	632
107—132	23,7	46,0	1,16	0,03 0,47	0,51 14,32	0,19 3,91	0,02 0,80	0,01 0,90	0,39 17,00	1,54	6,71	0,25	0,02	2,0	677
132—170	12,7	20,2	1,35	0,02 0,34	0,62 17,51	0,20 4,09	0,03 1,25	0,01 0,49	0,47 20,20	0,97	6,85	0,23	0,02	3,4	685
						Песчаная пустынная почва, Обручевская степь									
0—7	3,8	5,6	0,06	0,02 0,41	0,002 0,07	0,01 0,20	0,01 0,28	0,001 0,12	0,01 0,28	—	7,7	0,45	—	19,0	—
7—23	3,1	4,0	0,05	0,02 0,41	0,002 0,07	0,002 0,04	0,01 0,28	0,001 0,04	0,01 0,20	—	7,3	0,41	—	20,0	—
23—45	3,5	5,7	0,07	0,02 0,41	0,01 0,31	0,01 0,16	0,01 0,28	0,001 0,7	 0,50	—	7,3	0,39	—	20,0	—
45—58	5,9	14,4	0,06	0,02 0,41	0,01 0,22	0,01 0,12	0,004 0,20	0,001 0,04	 0,58	—	9,1	—	—	—	—
58—120	—	—	0,15	0,03 0,47	0,04 1,04	0,03 0,60	0,004 0,20	0,001 0,04	 1,87	—	9,1	—	—	—	—

* В числителе — в %, в знаменателе — в *мг-экв* на 100 *г* почвы.

типичные солончаки в условиях дренажа постепенно вводятся в сельскохозяйственный оборот.

В Тедженском оазисе на территории древнедельтовой равнины распространены такыровидные почвы и такыры. Небольшими участками встречаются песчаные пустынные почвы. Широкое распространение такыров и такыровидных поверхностей обусловлено участием в формировании древнеаллювиальной равнины глинистых и суглинистых наносов. Такыры обычно приурочены к периферии дельты. Дельтовые отложения повсеместно в той или иной степени засолены, причем более тяжелые по механическому составу отложения содержат больше водорастворимых солей.

Наиболее широко распространены типичные и намытые такыры, реже лишайниковые. Намытые такыры встречаются на северной окраине и в районе станции Геоксюр. Формирование их обусловлено периодическим отложением ила в периоды сильных паводков р. Теджена. Типичные и лишайниковые такыры имеют полно развитый, но короткий (25—35 *см*) профиль.

Механический состав такыров довольно однородный и представлен тяжелосуглинистыми и глинистыми разностями. Количество физической глины в метровой толще варьирует в пределах 50—80%. Содержание илистой фракции достигает в среднем 25—40%, средней и мелкой пыли —20—25%.

Почво-грунты Теджена содержат значительное количество водорастворимых солей: плотный остаток в метровой толще составляет 1—2%, увеличиваясь в отдельных горизонтах до 2,5—3%. Содержание хлора колеблется в пределах 0,2—0,9%. Сульфаты во всех случаях количественно уступают хлору. Среди катионов первое место принадлежит натрию. Щелочноземельные катионы представлены кальцием и магнием. Общая щелочность низкая —0,02—0,04%.

Поглотительная способность такырных почв достигает 16 *мг-экв* на 100 *г*. Почвенный поглощающий комплекс на 85—90% насыщен щелочноземельными катионами кальция и магния при узком отношении Ca : Mg (2 : 1).

Содержание доступных питательных элементов в такырах низкое, за исключением калия. Гумуса в верхних горизонтах содержится 0,5—0,7%. Некоторая обогащенность корковых и подкорковых горизонтов гумусом связана с наличием на поверхности такыров органического вещества водорослей и лишайников, а также с ежегодным приносом гумуса поверхностными водами. Содержание общего азота не превышает 0,02—0,05%, а содержание подвижного фосфора достигает 15—25 *мг/кг* почвы в двух верхних горизонтах и 5—7 *мг/кг* — в последующих. Усвояемых форм калия в такырах содержится 250—400 *мг/кг*, что позволяет считать эти почвы хорошо обеспеченными калием.

Такыры чередуются с обширными массивами такыровидных почв, которые отличаются от такыров более легким механическим составом и более мощным почвенным профилем. По механическому составу такыровидные почвы относятся к средне- и тяжелосуглинистым с содержанием илистой фракции до 15—20%. Засоление почв пестрое, но преобладают слабо- и среднезасоленные разновидности. Количество плотного остатка колеблется в интервале 0,3—1,5%. Слабо- и среднезасоленные почвы имеют хлоридно-сульфатное засоление, а сильнозасоленные и солончаковые — хлоридное. Общая щелочность низкая — 0,02—0,06. Содержание карбонатов колеблется от 7 до 10% CO_2. Наименьшее количество $CaCO_3$ характерно для коркового и подкоркового горизонтов, максимальное содержание карбонатов отмечено в средней части профиля.

Количество гумуса в верхних горизонтах (до глубины 15—20 *см*) достигает 0,5—0,6%, а в нижней части профиля —0,2—0,4%. Коли-

чество усвояемого фосфора колеблется в интервале 15—25 *мг/кг* почвы в верхней 20-сантиметровой толще и 5—8 *мг/кг* в лежащих ниже горизонтах, валовые запасы фосфора значительны —0,18—0,22%. Целинные такыровидные почвы полностью обеспечены доступными формами калия (450 *мг/кг* по всему профилю).

Песчаные пустынные почвы формируются на пологоволнистых и мелкобугристых песках с глубоким (ниже 10 *м*) уровнем залегания грунтовых вод. Профиль этих почв слабо дифференцирован. Сравнительно четко выделяются дернинный и уплотненный горизонты. Почвы содержат до 10—14% физической глины и 1,5—2,5% ила. Вся почвенная толща до глубины 2 *м* незасолена. Плотный остаток не превышает сотых долей процента. Содержание карбонатов составляет 3,5—5,5% CO_2.

Содержание питательных элементов очень низкое: гумуса —0,2—0,3%, азота —0,02—0,03% и меньше, подвижного фосфора —10—14 *мг/кг* в верхних горизонтах и 3—4 *мг/кг* — в последующих. Наиболее обеспечены эти почвы усвояемым калием (150—250 *мг/кг*).

Емкость обмена очень низкая —1,5—2,5 *мг-экв* на 100 *г* почвы; преобладают (90—95%) кальций и магний. Содержание обменного калия составляет 4—5% суммы поглощенных катионов, натрия — следы.

Орошаемые песчаные пустынные почвы характеризуются несколько повышенным содержанием ила и питательных элементов, а также более четко выраженной дифференциацией профиля.

В современной дельте Теджена наиболее распространенные лугово-такыровидные и луговые аллювиальные почвы большей частью орошаются.

Лугово-такыровидные почвы развиваются в условиях неглубокого залегания уровня грунтовых вод (3—4 *м*). Для их профиля характерны ржавые ожелезненные пятна и некоторая оглеенность в его нижней части. Содержание физической глины колеблется от 5 до 30% в легких разновидностях до 35—40% — в тяжелых. Преобладают незасоленные и слабозасоленные почвы. Содержание солей достигает 0,8—1%, в том числе хлоридов — 0,01—0,03%; засоление сульфатно-хлоридное. Среди катионов преобладает натрий.

Количество питательных элементов в этих почвах несколько повышенное по сравнению с почвами пустынных типов. Так, гумуса в них содержится 0,6—1,2% и больше, иногда его валовое содержание увеличивается до 1,5—2,2%. Количество азота колеблется от 0,08 до 0,12%, усвояемых форм фосфора — от 30 *мг/кг* в верхних горизонтах до 15—20 *мг/кг* почвы в залегающих ниже, подвижного калия — до 400—450 *мг/кг*. Содержание карбонатов достигает 8—10% (по CO_2) в верхней метровой толще и 5—6% — в подстилающих горизонтах. Емкость поглощения —8—14 *мг-экв* на 100 *г* почвы. В составе обменных катионов преобладают (до 85—90%) кальций и магний.

Луговые аллювиальные почвы развиты в районах с близким залеганием грунтовых вод (1—3 *м*) в условиях интенсивного орошения. Бóльшая часть этих почв имеет песчано-супесчаный и суглинистый состав. Встречаются небольшие участки тяжелых суглинисто-глинистых почво-грунтов с высоким содержанием илистых частиц (35—40%). Степень засоления преимущественно слабая и колеблется в пределах 0,2—0,5%, но встречаются и засоленные почвы.

Гумуса в луговых аллювиальных почвах содержится 1,5—2,5% и больше, доступного фосфора —25—35 *мг/кг* почвы при очень высоких запасах валового фосфора —0,20—0,22%, усвояемых форм калия — 450—500 *мг/кг*. Емкость обмена достигает 10—15 *мг-экв* на 100 *г* почвы, преобладают кальций и магний при узком отношении Ca : Mg (1,5 : 1). Обменный натрий большей частью отсутствует.

Для рассматриваемых почв характерны сильное уплотнение при высыхании, коркообразование и трещиноватость, что обусловлено своеобразием минералогического состава и, возможно, физико-химическими процессами, протекающими в условиях резкой смены увлажнения и иссушения. С приходом вод Каракумского канала луговые процессы значительно усилились.

В современной дельте Теджена небольшими пятнами встречаются такыры. По механическому составу они тяжелосуглинистые и глинистые. Содержание физической глины доходит до 90% при очень высоком проценте илистых частиц. Для них характерна значительно более высокая, чем у всех других почв пустынной зоны, емкость обмена —15—20 *мг-экв* на 100 *г* почвы. Сильная илистость ухудшает их водно-физические свойства, что необходимо учитывать при освоении этих почв под орошаемое земледелие. По степени и характеру засоления, а также содержанию элементов питания они очень близки к такырам древнедельтовой равнины Теджена.

В комплексе с такырами небольшими участками встречаются такыровидные почвы, вполне пахотопригодные.

Песчаные пустынные почвы современной дельты Теджена аналогичны распространенным в древнедельтовой части Тедженского оазиса.

Северная подгорная равнина Копетдага

В северной подгорной равнине Копетдага наиболее распространены такыровидные почвы, такыры и солончаки, занимающие почти $^2/_3$ ее площади. Затем следуют сероземы и сопутствующие им лугово-сероземные почвы, встречаются также пятна луговых и песчаных пустынных почв. Характерной особенностью является закономерная смена этих почв в направлении с юга на север.

На северной окраине равнины, где происходит накопление наиболее отсортированных глинисто-суглинистых наносов, развиваются такыры; в средней полосе, на суглинистых наносах, формируются такыровидные почвы; на юге, на грубых пылеватых отложениях, развиты сероземы (Лавров, 1958).

Светлые сероземы в большинстве случаев сложены пылеватыми средними суглинками, часто с окатанным кластическим материалом. Гяурский массив отличается светлыми сероземами, тяжелыми по механическому составу. Они засолены слабо: плотный остаток в верхнем полуметровом слое составляет 0,1—0,2%. С глубиной количество солей обычно возрастает. Карбонаты образуют максимум в толще второго полуметра. Почвы сравнительно богаты органическим веществом: в поверхностном слое на целине содержание гумуса составляет свыше 1,5%. Водопроницаемость и дренируемость почво-грунтов хорошие, за исключением Гяурского массива, где эти показатели ниже. Светлые сероземы центрального участка равнины издавна используются для земледелия. В районе Ашхабада, Каахка и Меана мощность агроирригационного горизонта доходит до 2 *м*.

Орошаемые светлые сероземы отличаются от целинных повышенной гумусностью верхней полуметровой толщи, а также лучшей агрегированностью и выщелоченностью.

От Казанджика до Ашхабада протягивается полоса светлых маломощных сероземов шириной 3—5, местами до 10 *км*, с перерывами прослеживаемая и к востоку от Ашхабада. Мощность мелкоземистого слоя, содержащего обломочный материал, не превышает 20—50 *см*. Мелкозем этих почв обычно супесчано-легкосуглинистый. Благодаря хорошей дренированности содержание легкорастворимых солей ничтожно. Однако в ряде случаев отмечается значительная аккумуляция гипса на глубине 50—100 *см*. Содержание гумуса составляет примерно 1%.

Севернее Безмеина, Ашхабада и с. Артык при глубине залегания грунтовых вод 3—5 *м* формируются лугово-сероземные почвы. Сложены они суглинками с прослоями глин и супесей. Степень засоления этих почв слабая и средняя. Содержание плотного остатка в верхнем полуметре доходит до 0,9%, а ниже увеличивается до 1—1,5%. Карбонатность почв высокая —10—12% CO_2. Содержание гумуса в поверхностном слое —1,5—2%.

Лугово-сероземные почвы пахотопригодны и используются под посевы различных культур, включая хлопчатник.

По долинам рек узкими полосами встречаются луговые почвы, которые сформированы суглинисто-глинистыми, местами скелетными аллювиально-пролювиальными отложениями. Содержание воднорастворимых солей достигает 1%, причем максимум их отмечается в верхних горизонтах. Преобладают сульфаты. Содержание гумуса достигает 2—3%. Отдельные участки этих почв используются для земледелия.

Такыровидные почвы, комплексирующиеся с такырами, наиболее широко распространены севернее предгорий Копетдага, частично на западе подгорной равнины и почти повсеместно на востоке. Эти почвы формируются в условиях транзита поверхностного стока, поэтому наиливания на них почти не происходит.

Почвы сложены преимущественно суглинистыми и реже глинистыми наносами, содержание физической глины —35—60%, а илистой фракции —15—20%. Они содержат довольно много легкорастворимых солей, с глубиной засоление возрастает. В толще верхнего метра плотный остаток составляет 0,5—2%, содержание хлора — 0,05—0,5%, гумуса — 0,6—0,7%. Водоудерживающая способность такыровидных почв высокая, однако водопроницаемость и дренируемость невелики.

Такыры занимают всю северную половину западной части подгорной равнины, а в восточной части встречаются лишь пятнами на контакте с песками и в дельтах Меаны и Чаачи. Они формируются на плоской периферии равнины в условиях периодического увлажнения и отложения наилка. На типичные и лишайниковые такыры приходится $^2/_3$ площади всех такыров. Содержание физической глины достигает в них 50—60%, а ила —20—25%. Они, как правило, сильно засолены. В ряде случаев в плотной такырной корке повышена общая щелочность, что может указывать на проявление в ней солонцеватости. Содержание гумуса и общего азота незначительно.

Намытые такыры распространены на периферии западной половины северной подгорной равнины, занимая наиболее низкие участки. Во влажный период года они сильно заиливаются. Поэтому почвенный профиль таких такыров почти не развит. Сложены они на значительную глубину сильнозасоленными глинами, содержание воднорастворимых солей достигает 2—3%. Водно-физические и агрономические свойства этих почв неблагоприятны.

На западе подгорной равнины встречаются мелкие пятна луговых почв поверхностного увлажнения, приуроченные к блюдцевидным просадочным понижениям (ойтакам). Размеры ойтачных блюдец в поперечнике составляют 20—50 *м*, глубина их достигает 30—60 *см*. Они используются под посевы зерновых и бахчевых культур.

Солончаки распространены повсеместно, в восточной половине подгорной равнины они образуют крупный массив. Содержание солей в верхних горизонтах достигает 3%, а местами и больше.

Светлые маломощные сероземы ввиду их сильной каменистости малопригодны для полеводства.

Такыровидные почвы более засолены и имеют сравнительно тяжелый механический состав, что ухудшает их водно-физические свойства; они беднее питательными веществами по сравнению со светлыми сероземами. Дренируемость грунтов средняя и низкая. Тем не менее

такыровидные почвы, занимающие очень большую площадь, также относятся к пахотопригодным землям первоочередного освоения.

Более сложную задачу представляет освоение такыров, что объясняется тяжелым механическим составом их и высокой степенью засоления. Водно-физические свойства и дренируемость такыров плохие. Однако типичные и лишайниковые такыры можно отнести к землям перспективного освоения.

Юго-Западная Туркмения

В этом районе встречаются почти все типы пустынных почв. Они образуют сложные комплексы, весьма неравномерно размещенные по территории, что связано с разнообразием рельефа и особенно с характером и возрастом почвообразующих пород. Почвенный покров пролювиальных и дельтовых равнин представлен такыровидными почвами, различного вида такырами, светлыми сероземами и солончаками.

На большей части территории района преобладает комплекс такыровидных почв и такыров, местами осложненный пятнами солончаков. Такыровидные почвы малогумусны: в верхних горизонтах содержание гумуса составляет около 1%, с глубиной оно снижается (табл. 29). По механическому составу эти почвы глинистые и суглинистые.

Степень засоленности почв различна. На возвышенных участках подгорных равнин они слабо- и среднезасоленные с содержанием солей от 0,5 до 1,5%. В почвах пониженной части района содержание солей превышает 2%. Тип засоления такыровидных почв — смешанный. В некоторых случаях содержание сульфатов с глубиной увеличивается. Карбонатный максимум (6—10% по CO_2) отмечается в средней части почвенного профиля, содержание гипса различно.

Встречаются намытые, типичные и лишайниковые такыры. Намытые такыры, занимающие самые низкие части микрорельефа, почти не развиты. В них выделяется один слитой горизонт, разбитый на глыбистые отдельности трещинами, глубина которых местами достигает 10—15 *см*. Они сильно засолены (1—2%). Количество гумуса в них незначительно.

В типичных такырах хорошо выражена корка мощностью от 2 до 5 *см*. У лишайниковых такыров профиль четко дифференцирован на горизонты. Механический состав их чаще суглинистый, чем глинистый. Степень засоления средняя или сильная. По типу засоления эти почвы могут быть отнесены как к хлоридно-сульфатным, так и к сульфатно-хлоридным.

В северо-восточной, более высокой, части пролювиальных и дельтовых равнин развит комплекс различных такыров и такырных солончаков.

К высокой юго-восточной части подгорных равнин и предгорьям западного Копетдага приурочены светлые сероземы. Они развиты на лёссовидных и пылеватых суглинках, пористых и предрасположенных к просадкам. Общая мощность почвенного профиля равна 1,5—2 *м*, а гумусовых горизонтов — около 50 *см*. В верхнем горизонте почвы содержание гумуса достигает 1,5% а воднорастворимые соли отмечаются лишь с глубины 50—70 *см*, но концентрация их не превышает 0,5—1%.

В современной дельте и долине Атрека преобладают аллювиально-дельтовые слоистые суглинисто-глинистые отложения. На них развиты луговые почвы, в разной степени засоленные и увлажненные. В комплексе с луговыми встречаются почвы лугово-болотные, лугово-такыровидные и солончаки.

В луговых почвах содержание гумуса колеблется от 0,3 до 0,9% (табл. 30). Профиль их характеризуется слоистым механическим

Таблица 29

Характеристика такыровидных почв Юго-Западной Туркмении

Глубина, *см*	Содержание фракций, %		Состав водной вытяжки *							Гипс, %	CO_2 %	Гумус, %	Азот общий, %	Фосфор по Мачигину, *мг/кг*	Калий по Протасову, *мг/кг*	Емкость обмена, *мг-экв* на 100 *г* почвы
	<0,001 *мм*	<0,01 *мм*	плотный остаток	HCO_3	Cl	SO_4	Ca	Mg	Na							
Равнина Чоганлы																
0—3	18,90	29,4	0,19	0,06 0,99	0,03 0,76	0,04 0,77	0,004 0,20	0,001 0,08	0,05 2,22	0,02	5,9	0,34	0,03	12	640	13,18
3—12	18,38	30,4	0,14	0,06 0,98	0,01 0,14	0,02 0,42	0,002 0,10	0,002 0,16	0,03 1,28	0,5	5,4	0,21	0,02	12	460	12,84
12—30	10,66	18,5	0,14	0,05 0,85	0,01 0,28	0,02 0,50	0,002 0,10	0,002 0,16	0,03 1,37	0,1	6,4	0,26	0,03	7	170	8,78
30—50	9,82	16,9	0,03	0,01 0,18	0,08 2,20	0,63 13,17	0,19 9,38	0,01 0,99	0,12 5,18	3,3	6,4	0,32	0,03	9	130	10,48
50—75	14,30	25,8	1,12	0,01 0,21	0,26 7,30	0,40 8,28	0,12 5,94	0,02 1,40	0,19 8,45	1,1	5,8	0,33	0,03	11	180	13,27
75—100	13,98	24,0	0,92	0,01 0,18	0,30 18,32	0,21 4,18	0,05 2,39	0,02 1,81	0,06 2,48	0,3	5,4	0,22	0,02	10	170	12,34
Высокая терраса Атрека																
0—14	53,98	92,9	0,26	0,05 0,85	0,03 1,87	0,05 1,04	0,01 0,35	0,02 0,16	0,05 2,25	0,6	8,5	1,15	0,09	16	500	17,81
14—26	52,94	95,2	1,73	0,02 0,39	0,13 3,55	0,86 17,85	0,26 13,02	0,01 0,98	0,18 7,89	0,9	8,6	1,01	0,10	9	350	18,58
26—44	51,42	82,3	1,10	0,02 0,29	0,18 5,16	0,38 7,84	0,07 3,69	0,02 1,23	0,19 8,37	0,3	9,3	0,73	0,07	12	350	19,69
44—72	18,40	37,2	0,86	0,02 0,29	0,15 4,26	0,27 5,59	0,06 2,84	0,01 0,93	0,15 6,32	0,3	9,5	0,66	0,06	8	350	18,03
72—100	9,42	28,6	0,42	0,02 0,31	0,10 2,85	0,11 2,37	0,03 1,40	0,01 0,41	0,09 3,72	0,5	8,0	0,43	0,03	9	150	9,18

* В числителе — в %, в знаменателе — в *мг-экв* на 100 *г* почвы.

Таблица 30

Характеристика почв Юго-Западной Туркмении

Глубина, *см*	Содержание фракций, %		Состав водной вытяжки *							Гипс, %	CO_2, %	Гумус, %	Азот общий, %	Фосфор по Мачигину, *мг/кг*	Калий по Протасову, *мг/кг*	Емкость обмена, *мг-экв* на 100 *г* почвы
	<0,001 *мм*	<0,01 *мм*	плотный остаток	HCO_3	Cl	SO_4	Ca	Mg	Na							
Такыр																
0—4	27,38	45,12	0,28	0,03 / 0,58	0,11 / 3,10	0,02 / 0,37	0,02 / 0,75	0,01 / 0,74	0,06 / 2,56	0,36	7,1	0,44	0,04	—	—	14,18
4—10	25,50	41,08	1,01	0,03 / 0,46	0,16 / 4,48	0,44 / 9,11	0,01 / 0,70	0,003 / 0,25	0,30 / 13,20	—	6,2	0,40	0,03	—	—	12,89
10—20	22,84	40,34	1,46	0,02 / 0,24	0,28 / 7,90	0,50 / 10,32	0,18 / 8,88	0,04 / 2,96	0,15 / 6,62	0,70	5,1	0,44	0,03	—	—	14,78
20—50	19,34	33,64	1,08	0,02 / 0,24	0,51 / 14,47	0,04 / 0,89	0,07 / 0,36	0,02 / 1,73	0,31 / 13,51	0,28	5,6	0,27	0,03	—	—	14,34
50—80	21,70	39,68	—	—	—	—	—	—	—	—	5,7	0,27	0,02	—	—	—
80—100	13,78	29,32	1,97	0,01 / 0,21	0,84 / 29,69	0,28 / 5,86	0,19 / 0,93	0,03 / 2,71	0,58 / 25,12	2,92	6,0	0,29	0,02	—	—	—
Луговая почва. Дельта Атрека																
0—30	41,62	85,88	1,00	0,02 / 0,34	0,19 / 5,46	0,40 / 8,43	0,07 / 3,69	0,03 / 2,71	0,17 / 7,83	—	—	0,33	0,2	7,6	—	—
30—40	50,10	96,76	0,63	0,03 / 0,44	0,08 / 2,20	0,31 / 6,39	0,03 / 1,75	0,01 / 1,32	0,17 / 5,96	—	—	0,81	0,08	5,8	—	—
40—80	40,46	90,02	0,41	0,03 / 0,51	0,10 / 2,99	0,12 / 2,56	0,01 / 0,60	0,01 / 0,58	0,11 / 4,88	—	—	0,86	0,08	6,4	—	—
80—112	44,20	96,02	0,47	0,01 / 0,26	0,14 / 4,06	0,10 / 2,14	0,01 / 0,50	0,01 / 0,99	0,11 / 4,97	—	—	0,92	0,09	2,8	—	—
112—150	11,60	18,50	0,37	0,02 / 0,33	0,15 / 4,26	0,05 / 1,17	0,01 / 0,70	0,01 / 0,41	0,10 / 4,65	—	—	0,31	0,03	4,0	—	—

* В числителе — в %, в знаменателе — в *мг-экв* на 100 *г* почвы.

составом. Бо́льшая часть этих почв относится к средне- и сильнозасоленным с преобладанием сульфатно-хлоридных. Соли концентрируются на разной глубине, но чаще в поверхностных горизонтах. Почти все луговые почвы дельты в течение того или иного времени орошались и по нескольку раз находились под залежью.

Лугово-болотные почвы имеют укороченный профиль из-за близкого залегания (меньше 50 *см*) минерализованных грунтовых вод. Эти почвы развиты главным образом в северной части дельты Атрека. Они встречаются очень небольшими участками, отличаются своеобразной слоистостью горизонтов, обусловленной характером аллювиальных отложений. Повсеместно распространены солончаки самого разнообразного характера (мокрые, пухлые, корковые и отакыренные). Обычно они сочетаются с луговыми почвами, но в западной части дельты встречаются и самостоятельные массивы их.

Почвы долины Атрека (включая высокую террасу) формируются в условиях глубокого залегания грунтовых вод. Преобладают такыровидные почвы, которые слабо и средне засолены. Кроме того, на высокой террасе Атрека отмечаются своеобразные темные почвы. Они характеризуются мощной коркой и слитноглыбистой структурой всего профиля, значительным содержанием воднорастворимых солей (1,7%), преобладанием обменного Mg (48%) над Na (5%) при количестве обменных оснований, равной 18—21 *мг-экв* на 100 *г* почвы.

Древняя дельта Атрека, или так называемая Мессарианская равнина, представляет собой глинистую пустыню с крайне скудной растительностью из эфемеров и солянок, но в прошлом значительная часть ее была оазисом. Почвенный покров мозаичен, что обусловливается сочетанием естественного дельтового и древнеирригационного рельефа. Здесь можно наблюдать комплексы почти всех развитых в дельте почв: такыровидных, такыров (зарастающих, типичных, лишайниковых, опесчаненных, намытых и др.) и остаточных солончаков. Такыровидные почвы преобладают в комплексе в восточной, более повышенной, части дельты, такыры — в средней части древней дельты, солончаки — у ее западной окраины.

Такыровидные почвы по механическому составу представляют собой средние и тяжелые суглинки. Встречаются разновидности, в которых содержание физической глины достигает 90%. Засоление такыровидных почв пестрое. Воднорастворимые соли концентрируются под обессоленной коркой или в средней части профиля. Преобладают слабо- и среднезасоленные разности. Засоление преимущественно сульфатно-хлоридное, причем хлориды преобладают в верхней части профиля, но нередки случаи хлоридно-сульфатного засоления.

Бо́льшая часть такыровидных почв и такыров на Мессарианской равнине в разные периоды (с конца II тысячелетия до н. э. до XV в. н. э.) использовалась в орошаемом земледелии, что отразилось на профиле этих почв. В них сформировались агроирригационные горизонты, достигающие местами 2 *м* (Мессариан). Воднорастворимые соли в настоящее время относительно неподвижны и законсервированы. По содержанию воднорастворимых солей почво-грунты древних полей орошения относятся преимущественно к слабо- и среднезасоленным, тогда как почво-грунты, не затронутые древним земледелием или использовавшиеся в течение короткого периода, как правило, сильно засолены. По-видимому, древние земледельцы избегали участки с сильным засолением.

Вырисовывается определенная закономерность распределения почв на древних орошаемых землях. Периферию древнего поля занимают такыровидные почвы или такыры, а в центральной более пониженной части развиты такыры типичные или такырные солончаки. Тем не менее все почвы древнего поля имеют агроирригационные слои с повышенным

содержанием гумуса и следами длительного использования в земледелии, поэтому такие почвы названы такыровидными остаточно-гумусными (Лобова, 1953, 1960).

Признаки земледельческой культуры проявляются в темно-серой окраске горизонтов, что соответствует относительно повышенному содержанию гумуса (около 1%). Часто агроирригационные слои имеют включения в виде белесых комочков, агроирригационных наносов, линзочек и прослоек золы, кусочков угольков, обломков кирпича и керамики. Отмечаются характерная уплотненность и комковато-зернистая структура — результат длительного орошения, обработки и внесения органических удобрений. В то же время профилю остаточно-гумусных почв присуща кавернозность — обилие следов активности почвенной биоты, свидетельствующее о благоприятных условиях ее обитания.

Распределение воднорастворимых солей в профиле рассматриваемых почв крайне неравномерное, но максимум (сухой остаток 1,5—2,8%) почти всегда наблюдается на глубине 50—150 *см*. Хлориды чаще преобладают над сульфатами. Щелочность от бикарбонатов колеблется от 0,01 до 0,04%. Карбонаты распределены равномерно по всему профилю, содержание их достаточно высокое (8—10% CO_2). Содержание гипса колеблется от 0,5 до 10%. Емкость поглощения обычно повышенная по сравнению с емкостью поглощения других почв и выражается величиной около 17—19,5 *мг-экв* на 100 *г* почвы. Запасы питательных элементов в метровой толще такыровидных остаточно-гумусных почв заметно выше, чем в целинных такыровидных.

Среди древнеорошаемых почв Мессарианской равнины следует различать не только сильнозасоленные и крайне тяжелые по механическому составу, требующие при возобновлении орошения проведения сложных мероприятий, но и перспективные остаточно-гумусные древнеорошаемые, которые можно рекомендовать для первоочередного освоения.

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ БИОКОМПЛЕКСОВ

Биокомплексы представляют собой территориальные группировки растений, животных и микроорганизмов, приспособившихся в ходе эволюции как друг к другу, так и к абиотической среде. Все эти организмы находятся в постоянных, обычно сложных связях между собой и способны совместно осуществлять устойчивый оборот веществ на тех или иных участках земной поверхности.

Рассмотрение биокомплексов зоны канала в функциональном аспекте (а не только в отношении их качественного и количественного составов) позволяет более реально подойти к оценке роли отдельных видов и групп организмов в природных процессах, а также их значения для человека и его хозяйства.

Биокомплексы как целостные образования характеризуются в то же время значительным различием реакций растений и животных на абиотические и антропогенные воздействия. В отношении пустынных биокомплексов И. И. Гранитов (1964) отметил, что состав растительного покрова среднеазиатских пустынь лимитируется не только летней жарой и сухостью, но и зимними холодами, тогда как для животного населения пустынь решающими оказываются условия летнего периода.

В функционально-биоценотическом аспекте это связано с неодинаковой ролью растений и животных — первых как созидателей органических веществ из неорганических, а вторых как потребителей органических веществ. В экстремальных условиях пустынь растения, являясь неподвижными организмами, в значительно большей мере, чем животные, испытывают воздействие температурных колебаний, недостаток

влаги и засоление почв. Это определяет бедность растительного покрова, его небольшую общую фитомассу и пониженную продуктивность, а также глубокую адаптацию растений к жизни в пустыне. В соответствии с узкой экологической специализацией растения пустынь резко реагируют на антропогенные воздействия, растительный покров при этом нарушается быстро и весьма существенно (Коровин, 1934; Никитин, 1957).

Животные пустынь гораздо меньше подвержены отрицательным воздействиям абиотической среды. Их разнообразие, общая зоомасса и продуктивность оказываются достаточно большими, хотя и испытывают значительные изменения по годам (Панфилов, 1962). В результате животные в течение большей части года проявляют активность и весьма полно потребляют и перерабатывают относительно небольшую первичную биологическую продукцию, создаваемую растениями.

При антропогенном изменении пустынных ландшафтов, особенно в случае орошения территории, многие растительноядные животные начинают интенсивно потреблять культурную растительность, а также приуроченную к сельскохозяйственным землям сорную и рудеральную. При обводнении пустынь в наилучшем положении оказываются хищные и паразитические животные, а также насекомые-опылители, питающиеся нектаром и пыльцой цветущих растений.

Типы биокомплексов в зоне канала

Каждый тип биокомплексов отличается качественным своеобразием взаимоотношений между организмами и приуроченностью к определенным физико-географическим условиям. Ни флоро-фаунистический состав, ни биомасса или продуктивность сами по себе не могут, видимо, служить критериями при отнесении конкретных группировок организмов к тому или другому типу биокомплексов. К одному типу могут быть отнесены различные варианты функционально и адаптивно сходных группировок организмов. В этом отношении тип биокомплексов и тип экосистем — понятия близкие, хотя и не идентичные, поскольку экосистему составляют не только живые организмы, но и преобразуемая ими абиотическая среда (почва, вода, приземной слой атмосферы).

Вдоль трассы Каракумского канала выделяются следующие основные типы биокомплексов.

Биокомплексы песков. Растения и животные, образующие эти биокомплексы, отличаются большим разнообразием и весьма совершенной адаптацией к условиям песчаного грунта. Растения приспособлены к извлечению с помощью сильно развитых корневых систем воды и минеральных веществ со значительной глубины; они хорошо выдерживают засыпание песком при ветрах (это касается и семян, и уже развитых растений). Таковы, например, различные виды кандымов. Поверхностно расположенные корни мятлика и осочки достаточно надежно закрепляют поверхность песчаного субстрата. Весной биологическая продуктивность злаково-осокового растительного покрова в Западной Туркмении достигает 3 *ц* на 1 *га*, а в Каракумах — даже 10 *ц* сухой массы.

Животные имеют приспособления для передвижения по рыхлой поверхности, для рытья нор и закапывания в песок. В связи с постоянной на глубине в несколько десятков сантиметров влажностью пески способствуют развитию разнообразных организмов, формирующих значительную биомассу с относительно высокой годовой продукцией. Особенно велика биомасса корней растений и таких животных, которые развиваются в толще песка или проводят в ней жаркое время дня.

Травянистые растения, имеющие неглубокие корни, представлены в основном эфемерами, вегетирующими в более влажное весеннее время,

а деревья и кустарники жизнедеятельны в течение всего теплого периода. Животные проявляют наибольшую активность весной и в начале лета, но многие из них жизнедеятельны на поверхности песка даже в самые жаркие месяцы, а развитие животного населения в целом продолжается в глубине песка в течение всего года.

В связи с большой продукцией корней растений, а также стеблей и листьев эфемеров в ненарушенных ценозах животные питаются в основном этими частями растений. Кроме того, очень деятельны животные-сапрофаги, эффективно потребляющие остатки растений (в этом отношении существенна роль жуков чернотелок, отчасти термитов), экскременты копытных (их потребляют жуки копрофаги) и трупы различных позвоночных и беспозвоночных животных (их уничтожают в основном членистоногие — муравьи, жуки кожееды, жужелицы, фаланги, а также птицы).

Разнообразие и обилие в песках плотоядных животных (муравьев, ос, жуков, паукообразных, ящериц, змей, птиц, летучих мышей, ежей, лисиц) и паразитических членистоногих (наездников, мух, москитов, клещей) ускоряет, а во многих случаях эффективно регулирует биологический оборот веществ и тем способствует устойчивой высокой продуктивности растительного покрова и животного населения песков.

Таким образом, наиболее слабое звено в биокомплексах песков — это растительность, которая при недостаточном количестве влаги или прямом ее уничтожении сильно размножившимися дикими животными, при перевыпасе скота или при вырубке деревьев и кустарников на топливо деградирует. В результате пески под действием ветров приходят в движение, и происходит общее резкое обеднение биокомплексов.

Необходимо отметить, что большинство организмов, составляющих биокомплексы песков, довольно влаголюбивы. Это объясняется как свойством песчаных толщ, конденсирующих и сохраняющих влагу, так и происхождением песчаных биокомплексов в прибрежной полосе древних морей и океанов, где высокая влажность воздуха и регулярное выпадение осадков достаточно закономерны.

В Туркмении, по-видимому, главным образом из-за повышенной влаголюбивости псаммофильных организмов, наблюдается явное обеднение биокомплексов песков с запада на восток — от прикаспийских дюн и Центральных Каракумов к Юго-Восточным Каракумам. Правда, изолированные массивы песков на юго-западе Туркмении имеют несколько обедненные флору и фауну, но это объясняется, скорее всего, антропогенным воздействием. Например, отсутствие здесь саксаула и некоторых других характерных псаммофильных деревьев и кустарников могло быть вызвано уничтожением их человеком на протяжении ряда прошлых веков, когда сельское и городское население в этом районе было гораздо более многочисленным.

Биокомплексы глинисто-каменистой пустыни и такыров. Пустынные местности с плотными почвами, нередко с щебнем и галькой (особенно вблизи гор и останцов), имеют существенно иные биокомплексы. Растения и животные биокомплексов этого типа приспособлены к условиям не только твердого субстрата, но и значительного дефицита влаги в летние месяцы, а также к засолению почвы.

В глинисто-каменистых пустынях и на такырах бурная вегетация растений и наибольшая активность животных приурочены к весеннему периоду, когда в почве содержится достаточно влаги после зимних осадков и к тому же выпадают весенние дожди. В это время на такырах образуются обширные мелководные озера, быстро высыхающие с наступлением жары. Но в годы с недостаточным количеством зимних и весенних осадков биокомплексы оказываются угнетенными, растительность слабо вегетирует, а численность большинства видов животных значительно снижается.

Все же организмы этих биокомплексов благодаря имеющимся у них приспособлениям к перенесению засушливых условий успешно переживают как летние жаркие бездождные месяцы, так и случающиеся крайне засушливые годы. Сильная опушенность листьев, уменьшение их поверхности, укорочение и одревеснение стеблей, образование луковиц и клубней или плотных оболочек плодов и семян — все это приспособления растений к недостатку влаги. Обитающие же здесь животные способны мигрировать на далекие расстояния (млекопитающие, птицы), использовать связанную воду из углеводов сухой растительной пищи или из жировых запасов собственного тела, впадать в многомесячную спячку. Многие насекомые хорошо роют норы в плотном грунте при помощи крепких зазубренных голеней ног, а другие животные — когтями или зубами. Рыхлые выбросы землероев нередко оказываются местами благоприятными для прорастания и развития многих видов растений.

Неоднородность растительного покрова, которая в песках определяется в значительной мере формами эолового рельефа, в глинисто-каменистых пустынях вызвана в основном спецификой симбиотических взаимоотношений между растениями и почвенными животными. Это проявляется главным образом в «узловом» распределении организмов, при котором несколько экземпляров одного или немногих видов растений и связанная с ними группировка беспозвоночных и мелких позвоночных животных образуют характерное скопление взаимосвязанных организмов (Стебаев и др., 1968). В глинисто-каменистых пустынях эти скопления выглядят как мелкая мозаичность растительного покрова и животного населения, а на такырах — как удаленные друг от друга островки высшей растительности с концентрирующимся около нее небогатым животным населением.

Биокомплексы пустынь с плотными почвами отличаются незначительной общей биомассой и невысокой биологической продуктивностью. В этих пустынях не происходит столь постоянной интенсивной биологической трансформации веществ, как в песках. Но большое разнообразие и обилие животных, их высокая активность в более влажное время года, так же как и деятельность почвенных бактерий, приводят к достаточно полному использованию первичной продукции и ее минерализации. Если в песках необходимые организмам химические элементы и минеральные вещества содержатся преимущественно в них самих и постоянно переходят в цепях питания от одних видов организмов к другим, то в биокомплексах глинисто-каменистых пустынь и такыров минеральные вещества в большом количестве задерживаются в почвенном слое, что создает определенный резерв питательных веществ. При орошении глинисто-каменистых пустынь этот резерв легко мобилизуется и позволяет получать высокие урожаи сельскохозяйственных растений.

Для природных биокомплексов на плотных пустынных почвах из растений характерны полыни, некоторые солянки, маковые, крестоцветные, зонтичные, луковичные (особенно луки и тюльпаны), эфемеровые злаки и осоки. Среди животных большую роль играют термиты, чернотелки, муравьи, саранчовые, ящерицы (ящурки, круглоголовки, агамы), краснохвостая песчанка, слепушонка, жаворонки и розовый скворец. В прошлом в этих местах были обильны дикие копытные (джейран, кулан). С длительно сохраняющимися норами грызунов связан целый комплекс беспозвоночных, в том числе блохи, играющие основную роль в передаче чумной инфекции.

Биокомплексы солончаков. Солончаки отличаются крайне бедными биокомплексами, нередко жизнь на них почти отсутствует. Только немногие высшие и низшие растения, преимущественно солянки и водоросли, а также единичные виды жуков, мух и некоторых других беспозвоночных в состоянии существовать на солончаках. Зато все эти

организмы в высшей степени специфичны по своим адаптациям и обычно не встречаются на других участках.

В отношении истории происхождения природные солончаковые комплексы имеют много общего с биокомплексами песков; они также возникли на побережьях древних морей и океанов. И в настоящее время биокомплексы солончаков территориально ассоциируются чаще всего с приморскими дюнами или с массивами песков в глубине пустынь.

Близ юго-восточного побережья Каспийского моря или же в районе Келифского Узбоя нередко образуются мелкобугристые засоленные пески, растительный покров и животное население которых богаче по составу, обильнее в отношении биомассы и гораздо продуктивнее, чем на типичных солончаках. Эти засоленные пески по структуре биокомплексов сходны с незасоленными пустынными песками. Но здесь вследствие большей уплотненности и влажности грунта, а также его засоленности господствуют многолетние и однолетние солянки, а из животных особенно много тушканчиков, термитов и саранчовых, что характеризует эти биокомплексы как переходные не только от солончаков к пескам, но и от солончаков к глинисто-каменистым пустыням и такырам.

Солончаковые биокомплексы появляются и на окультуренных землях оазисов при их вторичном засолении в результате чрезмерного орошения, а также в местах сброса воды с орошаемых участков.

Биокомплексы тугаев. Это единственный в пустынных областях непустынный тип естественных биокомплексов. Он приурочен к побережьям рек и пресных озер, а также к дельтам с неглубоким залеганием грунтовых незасоленных вод. Аллювиальные почвы тугаев, обычно богатые питательными веществами и достаточно увлажненные, при обилии тепла и инсоляции обусловливают значительное разнообразие растений и животных, образующих большую биомассу высокой продуктивности.

Тугаи и близкие к ним луговые биокомплексы — это места оптимума жизни в пустынях, своего рода природные оазисы, приближающиеся по структуре биокомплексов, взаимоотношениям между организмами и особенностям биологической трансформации веществ к биокомплексам влажных субтропиков и тропиков. Здесь особенно поражают обилие плотоядных животных (стрекоз, муравьев, ос, мух ктырей, рыб, лягушек, птиц, летучих мышей, диких кошек, шакалов), кровососов (слепней, комаров, мокрецов, москитов) и тесная связь очень многих организмов с водной средой.

В Туркмении тугайные биокомплексы были в прошлом свойственны берегам и дельтам Амударьи, Мургаба, Теджена, Сумбара и Атрека. Однако бо́льшая часть тугаев была уничтожена человеком уже сотни лет назад, их место заняли сельскохозяйственные богарные и орошаемые земли. При этом в оазисах сохранились многие компоненты тугайных биокомплексов, нашедшие здесь достаточно благоприятные условия для своего существования.

Биокомплексы оазисов. Указанные биокомплексы отличаются значительной пестротой состава, неглубокими адаптивными связями между организмами и неустойчивостью возникающих группировок растений и животных. Это объясняется сборным характером оазисных биокомплексов, отсутствием эволюционной скоррелированности их компонентов, постоянными нарушениями сукцессионных группировок организмов хозяйственной деятельностью человека.

Кроме выращиваемых человеком растений и разводимых животных, в оазисах сосуществуют многие виды организмов из всех природных биокомплексов пустынной зоны, а также и чуждые этой области степные, саванные и луговые растения и животные.

На заброшенных землях оазисов, вдоль дорог и на приарычных валах концентрируются наряду с сорняками и рудеральными растениями

многие представители растительного покрова и животного населения глинисто-каменистых пустынь, тугаев и солончаков. Используемые же в хозяйстве земли, регулярно обрабатываемые и орошаемые, заселяют, кроме некоторых местных пустынных и тугайных животных, различные пришлые виды, главным образом беспозвоночные животные и сорные растения.

Они распространились в оазисы Средней Азии из располагающихся поблизости горных степей и со степных и лесостепных территорий Казахстана и юга Европы. Среди пришлых иммигрировавших видов в среднеазиатских оазисах встречаются и свойственные субтропикам и тропикам Южной Азии и другим районам земного шара. Таковы многие сорняки, произрастающие на рисовых полях, ряд видов членистоногих, наносящих вред хлопчатнику, рису, плодовым и другим культурным растениям.

В оазисах Средней Азии к настоящему времени сложился очень разнообразный комплекс вредных для сельского хозяйства растений и животных, причем из-за постоянного изменения способов ведения сельского хозяйства, а также в связи с освоением пустынных площадей и развитием транспорта возникают новые проблемы в отношении борьбы с вредными организмами. Последними нередко становятся и те организмы, которые в прошлом не наносили существенного вреда. Так, в связи с широким применением химических методов борьбы с вредителями в условиях сокращения регулярных севооборотов хлопчатника значительно увеличилось количество таких вредителей хлопчатника, как паутинный клещик и нематоды. Из животных, наносящих вред сельскохозяйственным растениям в оазисах, на первое место можно поставить многоядных насекомых фитофагов (бабочек совок, жуков — нарывников, чернотелок, долгоносиков, хрущей, а также растительноядных клопов, тлей, сверчков, медведок), из птиц — воробьев, из млекопитающих — некоторых грызунов (земляную крысу, домовую мышь, слепушонку). Большой вред причиняют многоядные и специфические (олиготрофные) вредители хлопчатника, бобовых и плодовых культур. Ряд других представителей насекомых (саранчовые, клоп вредная черепашка) нередко наносят значительный вред хлопчатнику и прочим культурам (Вредные животные Средней Азии, 1949).

Биогеографическое районирование зоны канала

На основе приведенной характеристики типов биокомплексов представляется возможным наметить схему биогеографического районирования зоны Каракумского канала. Выделяются следующие районы.

1. Восточно-Каракумский район, расположенный между Амударьей и Мургабом. Здесь преобладают биокомплексы, характерные для песчаной пустыни. На востоке, близ Келифского Узбоя, они сменяются биокомплексами засоленных песков и солончаков. После сооружения канала в этом районе получили значительное распространение тугайные биокомплексы, а местами начали формироваться биокомплексы, свойственные оазисам.

2. Мургаб-Теджен ский район древнего и современного орошения, включающий значительные массивы песков и более или менее засоленных аллювиальных наносов с преобладанием естественных группировок растений и животных. Он характеризуется наибольшими площадями, занятыми оазисными биокомплексами. Тугайные биокомплексы, а также биокомплексы песков, пустынь с плотными почвами и солончаков имеют подчиненное значение.

3. Предкопетдагский район, включающий обширную площадь такыров и небольших сухих дельт к северу от Копетдага. С юго-

запада район примыкает непосредственно к предгорьям Копетдага, а с северо-востока — к пескам Центральных Каракумов. В зимние месяцы сюда временами вторгается холодный воздух с севера, а весной здесь довольно регулярно выпадают осадки. Кроме того, некоторое количество воды поступает на равнину с небольшими потоками с гор. Поэтому, несмотря на преобладание в этом районе пустынных биокомплексов, по промоинам встречаются угнетенные тугайные группировки, а часть территории занята оазисными биокомплексами. В настоящее время оазисные биокомплексы получают здесь все большее распространение за счет площади, в прошлом занятой биокомплексами пустынь на плотных почвах.

4. Прикаспийский район, занимающий равнину Юго-Западной Туркмении[1], защищенную зимой от вторжений холодного воздуха с севера и северо-востока. Район находится в условиях относительно повышенной влажности воздуха из-за близости к Каспийскому морю. Здесь широко распространены такырные и солончаковые биокомплексы, а также во многом сходные с ними по составу и функциональным взаимоотношениям между организмами биокомплексы, приуроченные к пустующим землям древнего орошения. Последние, кроме того, частично заняты биокомплексами опустыненных лугов. Значительную площадь занимают биокомплексы песков (на приморских дюнах и в глубине территории района). Вдоль Сумбара и Атрека, а также по неглубоким промоинам, пересекающим обширную равнину от предгорий Копетдага до приморских солончаков, встречаются тугайные биокомплексы.

---

[1] Биогеографическую характеристику района см. в работе Д. В. Панфилова (1972).

ПРИРОДНО-МЕЛИОРАТИВНЫЕ РАЙОНЫ ЗОНЫ КАНАЛА

ПРИНЦИПЫ ПРИРОДНО-МЕЛИОРАТИВНОГО РАЙОНИРОВАНИЯ

Зональный среднеазиатский комплекс мелиоративных мероприятий включает водные мелиорации (орошение, обводнение, дренаж), фитомелиорации и земельные мелиорации (планировку, агрохимические мероприятия и др.). Этот комплекс мероприятий воздействует на природную среду, вызывая общие и региональные позитивные и негативные изменения ее компонентов, сложившихся экосистем и развития природных процессов.

В зоне канала изменения природной среды на одних участках (преимущественно в Каракумах) связаны только со строительством канала, а в оазисах эти изменения происходят как вследствие проведения канала, так в связи с осуществлением зонального комплекса мелиораций. Вне оазисов под воздействием изменившихся гидрологических и гидрогеологических условий перестройка компонентов природной среды происходит лишь вдоль канала в полосе шириной от одного-двух до нескольких десятков километров.

Отбор целинных земель, перспективных для создания больших орошаемых массивов, расширение орошаемых площадей в оазисах и выбор необходимых мелиоративных мероприятий должны производиться на научной основе. Наиболее рациональной основой следует считать природно-мелиоративное районирование, проведенное с учетом природных условий и специфики необходимого для данного района комплекса мелиораций.

Критериями для проведения природно-мелиоративного районирования являются, по нашему мнению, следующие: 1) своеобразие природных условий территории; 2) однозначное в ее пределах воздействие канала и комплекса мелиораций на природную среду и в первую очередь на водно-солевой баланс; 3) однотипность исторически сложившихся путей хозяйственного использования территории; 4) общность возникающих при изменении природной среды новых форм эксплуатации природных ресурсов.

Каждую крупную территорию, выделенную с учетом этих критериев, можно рассматривать как самостоятельный природно-хозяйственный комплекс, поскольку особенности природных условий конкретного района в значительной мере предопределяют и достаточно определенный комплекс мелиораций, их дифференциацию (Граве и др., 1975). Так, характер рельефа и воднофизические свойства почв позволяют, например, порайонно дифференцировать водные мелиорации по способам подачи воды на орошаемые поля (по бороздам, напуском, дождеванием и другими техническими приемами полива).

В зависимости от гидрогеологической обстановки может требоваться либо горизонтальный, либо вертикальный дренаж. Фитомелиорации можно дифференцировать на лесопосадки вдоль оросительных систем в оазисах, для закрепления песков, повышения продуктивности пастбищ и т. д., а земельные мелиорации — по типу и объемам планировок, по агротехническим приемам. Поэтому в предлагаемом природно-мелиоративном районировании каждый район наряду с единством природных

условий характеризуется определенным типом хозяйственного использования и специфическим набором мелиоративных мероприятий, обеспечивающих максимально эффективное использование территории при сохранении или повышении биологической продуктивности ее экосистем.

Природно-мелиоративное районирование, выполненное на основе предложенных критериев, позволяет в известной мере прогнозировать возможные и специфичные для каждого района изменения природно-мелиоративных условий, связанные с осуществлением в каждом из них определенного комплекса мелиоративных мероприятий. Следует, однако, оговориться, что в дальнейшем прогноз таких изменений потребует существенных корректив в связи с вероятным совершенствованием форм использования природных ресурсов и приемов мелиораций. К сожалению, предсказать конкретные формы и масштабы последних не представляется возможным. Однако можно предположить, что в зоне Каракумского канала новые формы эксплуатации природных ресурсов проявятся, например, в освоении ранее практически не используемых в орошаемом земледелии песчаных пустынных почв, в рыбоводстве, в использовании образовавшейся в зоне влияния канала растительности, в освоении в целях водоснабжения сформировавшихся здесь линз пресных грунтовых вод.

В зоне Каракумского канала, включая и проектируемые его участки, выделяются пять крупных природно-хозяйственных областей: 1) Юго-Восточные Каракумы; 2) Субаэральные дельты Мургаба и Теджена; 3) Северная подгорная равнина Копетдага; 4) Юго-Западная Туркмения (равнинная часть); 5) Западная Туркмения (равнинная часть).

По природным условиям эти области весьма различны, неодинаковы природные комплексы и в пределах каждой из них. Поэтому с учетом рассмотренных выше критериев каждая область разделена на ряд природно-мелиоративных районов.

Необходимо отметить, что при описании отдельных территорий пришлось рассматривать различные единицы районирования; иногда это были природно-мелиоративные подобласти, чаще районы и даже подрайоны. Это объясняется не только различной степенью изученности отдельных частей территории, но и различиями в состоянии и направлении их хозяйственного использования. Так, в оазисах, где орошаемое земледелие развивается в течение многих веков и где сложились достаточно устойчивые хозяйственные системы, районирование проводилось до выделения районов. На территориях, где орошаемое земледелие еще планируется или только начинается, районирование имеет в основном прогнозный характер и требует дальнейшей детализации и уточнения по мере появления новых орошаемых массивов. На тех участках, где канал пересекает пока еще хозяйственно недостаточно освоенную пустыню, ранее не орошавшуюся, при районировании прежде всего учитывалось его воздействие на природную среду.

ЮГО-ВОСТОЧНЫЕ КАРАКУМЫ

Юго-Восточные Каракумы расположены на междуречье Амударьи и Мургаба, ранее использовавшемся только для пастбищного животноводства. Исключение составляет лишь участок на левобережье долины Амударьи, где земли издавна орошались.

Территория междуречья Амударьи и Мургаба отличается от других участков зоны влияния Каракумского канала наибольшей продолжительностью воздействия его вод на природную среду. Поскольку же орошаемое земледелие в междуречье отсутствовало, то изменения природной среды, связанные со строительством и эксплуатацией канала, не

маскируются каким-либо прежним существенным антропогенным воздействием на нее и проявляются наиболее ярко.

Издавна освоенный для земледелия участок на левобережье Амударьи, входящий в более крупный оазис, протягивающийся вдоль реки до Чарджоу, с 1929 г. орошался Босага-Керкинским каналом, а ранее, по крайней мере со средних веков,— водами Амударьи по более мелким оросительным системам. Поэтому существенных изменений после проведения Каракумского канала на этом участке не наблюдается, если не считать несколько увеличивающихся расходов воды, подаваемой вниз по долине Амударьи реконструированным Босага-Керкинским каналом (он питается теперь из Каракумского канала). Общая площадь орошаемых им земель — 15,7 тыс. *га*.

Вначале Каракумский канал играл на междуречье лишь транзитную роль, перебрасывая воду в Мургабский оазис, но с конца 60-х годов отдельные площади вблизи канала начали орошаться его водами. К 1971 г. здесь было освоено 4 тыс. *га* земель, но это лишь 1% площади, в той или иной мере пригодной для орошения.

Характеристика геологического строения, рельефа и подземных вод

В рассматриваемой части Юго-Восточных Каракумов выделяются современная долина Амударьи, дельтовые равнины североафганских рек и аллювиально-пролювиальная равнина северного склона Карабиля (рис. 10).

Геологическое строение и рельеф[1]. В долине Амударьи наряду с неширокой поймой (высота над руслом 0,8—1,5 *м*) развиты две надпойменные террасы. Первая из них отделена от поймы уступом в 1,5—2 *м* и занимает основную часть левобережья долины. Терраса сложена 10-метровой толщей осадков Амударьи, в разрезе которой чередуются непостоянные прослои суглинков и супесей, книзу сменяющихся песками. Верхние 1—2 *м* образованы суглинистыми ирригационными наносами. На отрезке от головного водозабора Каракумского канала до г. Керки средняя ширина первой террасы составляет 2 *км* при максимальной ширине, равной 5 *км*. Ее поверхность интенсивно используется под орошаемое земледелие, в связи с чем первоначальный рельеф сильно преобразован. Многочисленные арыки и каналы с обрамляющими их дамбами и поливные поля создают сложный агроирригационный ландшафт оазиса. Местами плоскую поверхность здесь нарушают холмы-депе, представляющие собой остатки древних крепостей и сторожевых башен. Каракумский канал проложен по тыловому шву этой террасы на месте верхнего отрезка Босага-Керкинского канала.

Вторая терраса сложена почти целиком песками с характерной потоковой слоистостью. Ширина ее непостоянна, местами достигает 8—10 *км*. Она отделена от первой террасы пологим склоном высотой около 2 *м*.

Рельеф второй террасы полностью изменен эоловыми процессами. Почти не закрепленные растительностью аллювиальные пески формируют подвижные барханные цепи высотой до 3—4 *м*, с гребнями, ориентированными в северо-восточном направлении. Под действием ветра цепи испытывают сезонные колебательные перемещения с тенденцией движения к юго-востоку (Вейисов, 1969). Приамударьинская полоса барханов в наиболее узком месте пересечена бывшим Босага-Керкинским сбросом, по которому следует Каракумский канал.

Примыкающая с запада к долине Амударьи аллювиально-дельтовая равнина Балха имеет двухъярусное строение. Верхние 10—15 *м* сложе-

[1] Подраздел написан М. К. Граве и Н. М. Богдановой.

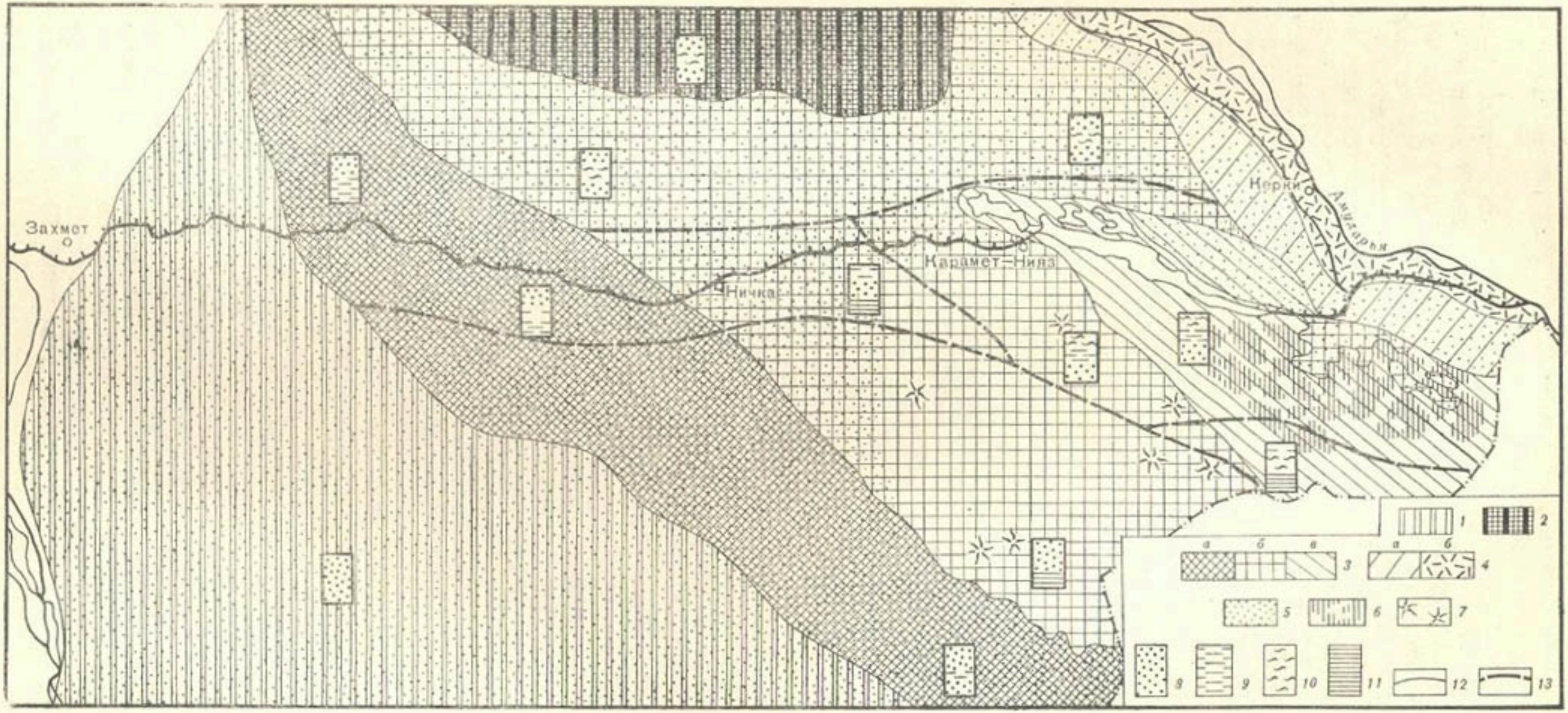


Рис. 10. Схематическая литолого-геоморфологическая карта междуречья Амударьи и Мургаба

Типы рельефа. Аккумулятивные равнины:

1 — аллювиально-пролювиальные плиоценово-раннечетвертичного возраста с эоловым рельефом (северная периферия Карабиля);

2 — аллювиально-дельтовые пра-Амударьи раннесреднечетвертичного возраста с эоловым рельефом;

3 — североафганских рек:

а — ранне-среднечетвертичного возраста с эоловым рельефом,

б — позднечетвертичного возраста (Обручевская степь),

в — голоценового возраста (дельта р. Балх);

4 — аллювиальные террасовые Амударьи:

а — позднечетвертичного возраста,

б — голоценового возраста.

Прочие обозначения:

5 — закрепленные пески;

6 — солончаки;

7 — такыры.

Литология рельефообразующих пород (до глубины около 10 *м*):

8 — пески средне- и мелкозернистые;

9 — супеси;

10 — суглинки;

11 — глины. Литологические комплексы показаны в колонках различными сочетаниями обозначений *8—11*.

Границы литологических комплексов:

12 — совпадающие с геоморфологическими границами;

13 — несовпадающие с геоморфологическими границами

ны собственно дельтовыми тонкопереслаивающимися глинами, суглинками и супесями, на которых развиты солончаки, местами сменяющиеся глинистыми участками такыров. В северном направлении мощность этих отложений уменьшается до 2—3 *м*, и за Келифским Узбоем они выклиниваются. Нижняя часть разреза образована мощной песчаной толщей каракумской свиты.

Поверхность дельты Балха снижается в сторону восточной части Низменных Каракумов, граница с которыми примерно соответствует линии шоров Келифского Узбоя. Помимо реликтовых русел Балха, переходящих в цепочку обособленных солончаковых котловин, в южной части дельты выделяется обширное плоское понижение, занятое пухлым солончаком. Над ним поднимаются небольшие диапировые возвышенности— Донгузсырт, Каратепе и ряд других. В настоящее время Балх полностью иссякает в пределах Афганистана. Последние прорывы его воды на территорию СССР отмечались в 1907 г.

Расположенная к западу от дельты Балха Обручевская степь — наиболее обширная из дельтовых равнин междуречья. Территория равнины сложена пестрой толщей чередующихся слоев песков, супесей, суглинков и песчанистых глин. Суммарная мощность их достигает в южной и юго-западной частях равнины 40—50 *м*, а на севере ее — нескольких метров. В западной части дельты распространены тонкозернистые, пылеватые пески, чередующиеся с небольшими прослойками супесей и суглинков. В составе песков преобладают фракции 0,1—0,05 и 0,05—0,01 *мм*. К востоку в разрезе толщи мощность супесей и суглинков возрастает. Наиболее тяжелый состав отложений наблюдается на восточной окраине дельты. Абсолютные отметки поверхности уменьшаются от 300 *м* у государственной границы СССР с Афганистаном до 230—235 *м* вблизи Каракумского канала.

В соответствии с литологическим составом пород рельеф Обручевской степи на западе представлен сочетанием невысоких (5—8 *м*) эоловых гряд северо-западной ориентировки и отакыренных межгрядовых понижений. На востоке степи поверхность более выровнена и образована такырами и солончаками.

Как уже отмечалось, Обручевская степь на западе переходит в древнюю ранне-среднечетвертичную дельтовую равнину. Ее абсолютные отметки уменьшаются от 500 *м* на юге до 200 *м* на севере. Слагающие дельту породы черкезлинской свиты на юге представлены преимущественно мелко- и тонкозернистыми пылеватыми песками, чередующимися с незначительными прослойками супесей, изредка суглинков. В составе песчаной толщи преобладают фракции 0,25—0,1 и 0,1—0,01 *мм*. Севернее разрез становится более пестрым. Среди песчаных горизонтов появляются многочисленные прослои супесей и суглинков мощностью 1—2 *м*.

От Обручевской степи древняя дельта отделена уступом высотой до 3 *м*. Ее первичный рельеф преобразован ветром, под действием которого были сформированы асимметричные песчаные гряды высотой 40—50 *м* юго-западной ориентировки. Юго-восточные склоны гряд заметно положе северо-западных. Основание гряд сложено слоистыми песками и супесями черкезлинской свиты, а верхняя часть — хорошо сортированными и более крупнозернистыми эоловыми песками (рис. 11). Поскольку гряды ориентированы в направлении, перпендикулярном господствующему юго-восточному ветру, они могут рассматриваться как древние барханные цепи, в настоящее время почти целиком закрепленные растительностью и имеющие основание, незатронутое ветром.

К северу, где черкезлинская свита имеет более тонкий состав, грядовый рельеф сменяется ячеистым. Амплитуда расчленения уменьшается до 5—10 *м*. В северо-восточной части дельтовой равнины появляются глинистые участки, эоловые формы приобретают северо-западную ори-

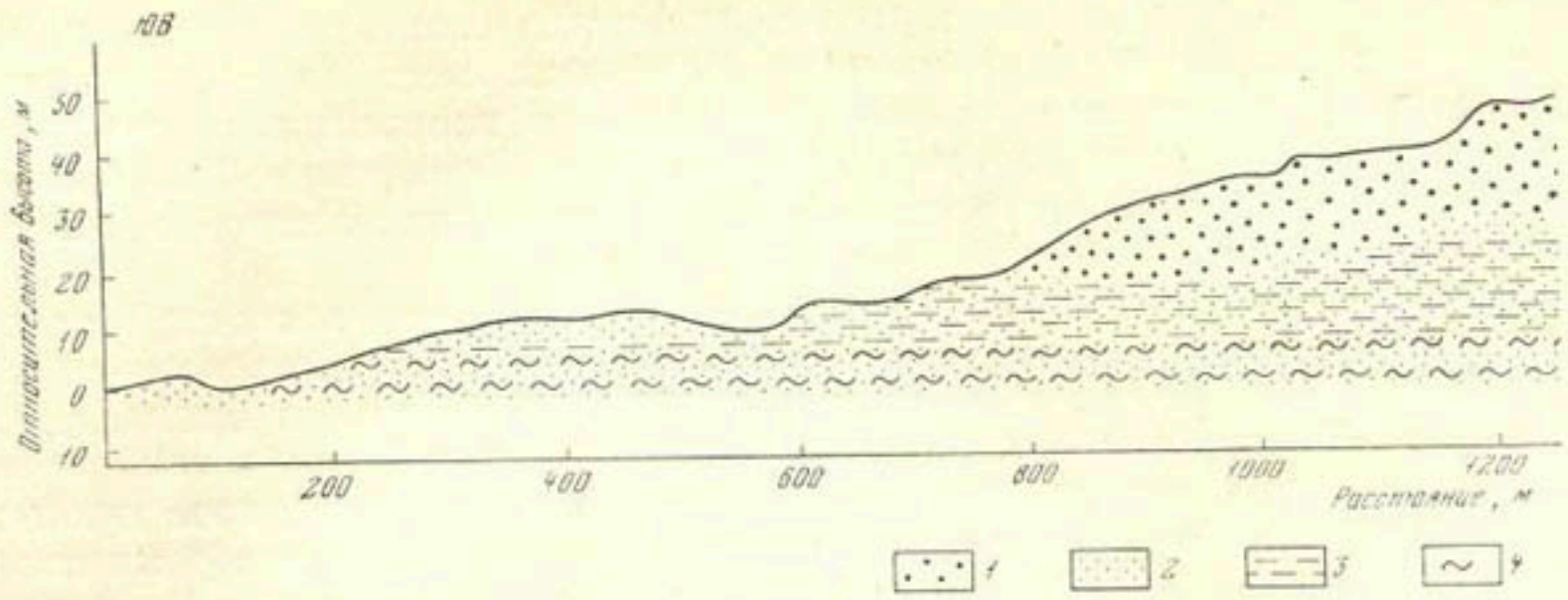


Рис. 11. Схематический профиль участка ранне-среднечетвертичной дельты североафганских рек

Эоловые отложения: *1* — песок мелкозернистый. Аллювиально-дельтовые отложения: *2* — песок тонкозернистый, пылеватый; *3* — супесь; *4* — суглинок

ентировку, свойственную рельефу Обручевской степи. Каракумский канал пересекает гряды почти перпендикулярно. В ограниченных дамбами межгрядовых понижениях образовались вытянутые в субмеридиональном направлении разливы и фильтрационные озера.

Наклонная поверхность периферии северного склона Карабиля постепенно снижается от 600 *м* на юге до 220—210 *м* у Каракумского канала. Она сложена песками елчилекской свиты, которая севернее канала выклинивается.

Равнина имеет сложный эоловый рельеф. Преобладают закрепленные растительностью грядово-ячеистые формы рельефа субмеридиональной ориентировки со средней высотой около 15 *м*; в южной части района высота гряд достигает 20—25 *м*. Вблизи Каракумского канала развиты грядово-ячеистые пески с относительной высотой гряд порядка 10 *м*.

Под эоловым покровом, особенно в южной части равнины, прослеживаются участки ложбин, вытянутых поперек склона Карабиля в широтном направлении. По северному борту они обрамлены песчаными грядами, достигающими высоты 40 *м*. Эти образования являются более древними по сравнению с основным эоловым рельефом. Генезис их до настоящего времени остается неясным. Канал проходит перпендикулярно по отношению к ориентировке эолового рельефа, что создает условия для образования в межгрядовых понижениях вытянутых разливов.

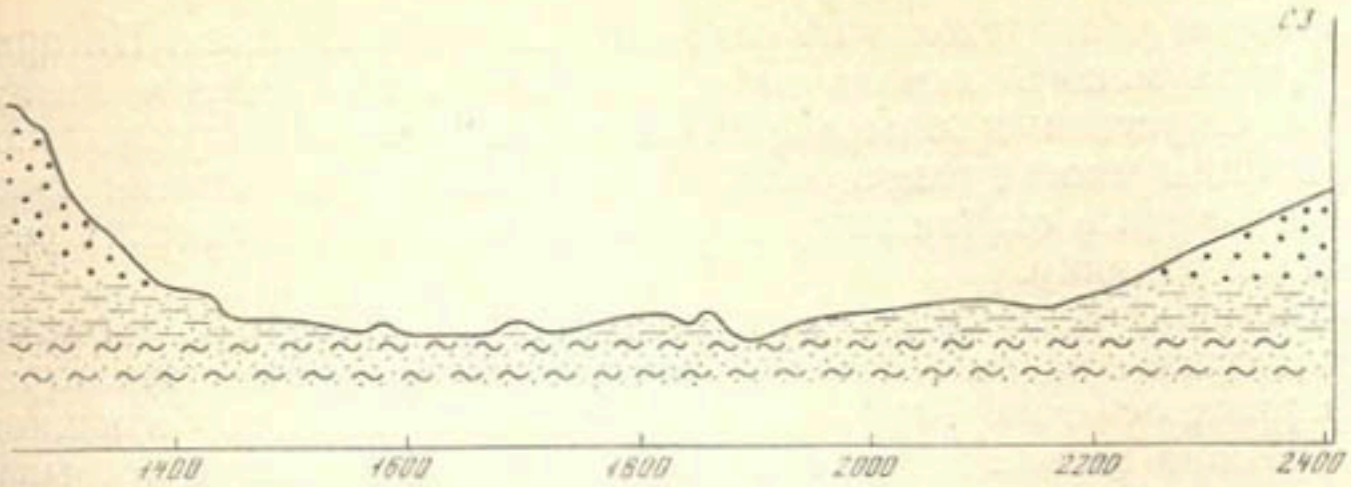
Подземные воды[1]. Ниже приводится характеристика лишь верхнего безнапорного водоносного горизонта подземных (или грунтовых) вод, так как он имеет здесь наибольшее значение[2].

Формирование грунтовых вод в долине Амударьи происходит за счет фильтрации из русла реки и каналов, а также инфильтрации поливных вод. Грунтовый поток, залегающий на небольших глубинах (1—2 *м*), направлен вдоль долины и в сторону Низменных Каракумов. Его минерализация подчиняется закономерностям, свойственным ирригационным районам. Под каналами, арыками и орошаемыми полями образованы фильтрационные пресные линзы. С удалением от источников фильтрации над пресной линзой в результате внутригрунтового испарения образуется слой солоноватых вод. Под перелогами и в зоне сброса ирригационных и промывных вод солоноватые воды замещаются соле-

---

[1] Подраздел написан М. К. Граве.

[2] При характеристике грунтового потока в зоне канала, кроме материалов автора, использованы приведенные в литературе данные (Гидрогеология СССР, 1972).



ными. Нередко здесь возникают солончаки, особенно по тыловому шву первой надпойменной террасы.

Гидрогеологические особенности второй террасы определяются не только подтоком русловых вод Амударьи, но и фильтрацией из Каракумского канала. В результате здесь сформировался сравнительно неглубоко залегающий от поверхности (до 10—15 *м*) грунтовый поток с общим небольшим уклоном в западном направлении. Минерализация грунтовых вод невысокая — в пределах 3 *г/л*. Под массивами барханов встречаются линзы пресных вод инфильтрационного или конденсационного происхождения мощностью 15—20 *м*.

Грунтовые воды аллювиально-дельтовой равнины Балха, формируясь за пределами СССР, образуют на рассматриваемой территории единый поток с уклоном на северо-запад. Глубина его зеркала изменяется от 35—40 *м* на юге до 5—10 *м* на севере; минерализация пестрая, как правило, высокая. Наиболее типично содержание солей в пределах 15—20 *г/л*, но под солончаками, где вода вскрывается на глубине 0,5—1 *м*, обычны рассолы с минерализацией более 50 *г/л*.

В Обручевской степи наблюдается сходная картина. Уклон грунтового потока направлен на север и северо-запад. В этом же направлении увеличивается глинистость водовмещающих толщ обручевской свиты, и уровень грунтовых вод приближается к поверхности. На юге, у государственной границы, глубина его залегания достигает примерно 40 *м*, местами больше, к северу она уменьшается до 20—25 *м*, а севернее Каракумского канала — до 10—12 *м*. В том же направлении увеличивается минерализация грунтовых вод (от 3 *г/л* на юге до 10—15 *г/л* вблизи Каракумского канала). С приближением к зоне шоров Келифского Узбоя содержание солей возрастает до 30 *г/л* и более. Питание грунтового потока осуществляется с юго-востока из бассейна североафганских рек. Условия оттока грунтовых вод на север весьма благоприятны вследствие подстилания песчано-глинистой обручевской свиты песчаной каракумской.

Грунтовые воды ранне-среднеплейстоценовой дельты питаются фильтрационными потоками, проникающими по аллювиально-дельтовым отложениям с юго-востока, и водами древней аллювиально-пролювиальной толщи северного склона Карабиля, поступающими с юго-запада. Зеркало грунтовых вод имеет сложный гидрорельф, отражающий положение локальных потоков, спускающихся на север и северо-восток со склона Карабиля согласно направлению его древних долин. Можно предполагать, что разгрузка грунтового потока происходит не только в Низменные Каракумы, но и на северо-восток к Обручевской степи. На крайнем юге грунтовые воды залегают на глубине 80—100 *м*, на севере глубина их залегания уменьшается до 40—30 *м* и севернее Каракумского канала не превышает 15—20 *м*.

На юге преобладают воды значительной минерализации — до 15 *г/л*. К северу они заметно опресняются, так как на эту часть территории распространяется линза пресных и солоноватых (1—3 *г/л*) вод, основ-

ная часть которой расположена на северном склоне Карабиля. На правобережье Каракумского канала минерализация снова увеличивается до 15—30 *г/л*. Опреснение воды в средней части древней аллювиально-дельтовой равнины многие гидрогеологи связывают с реликтовыми пресными водами, которые сохранились в отложениях североафганских рек, формировавших равнину.

Формирование грунтовых вод северного склона Карабиля происходит за счет подтока с возвышенности и отчасти в результате инфильтрации атмосферных осадков. Глубина залегания грунтовых вод в южной части этого района весьма значительна. Колодцы и скважины вскрывают водоносный горизонт в елчилекской свите на 150—200 *м* и ниже дневной поверхности. К северу зеркало грунтовых вод постепенно повышается, но южнее канала все же остается на глубине 20—40 *м*, а севернее его — в пределах 12—15 *м*. Минерализация вод от 20—15 *г/л* быстро уменьшается к северу. Уже в 50—60 *км* от канала колодцы вскрывают практически пресные воды. По данным гидрогеологической карты Туркменской ССР (Гидрогеология СССР, 1972), здесь залегает крупная пресная линза, происхождение которой, очевидно, связано с подтоком по древним долинам северного склона Карабиля. К северу от канала грунтовые воды быстро засоляются и на стыке с каракумским грунтовым потоком достигают обычной для него минерализации порядка 15 *г/л*.

Грунтовый поток Низменных Каракумов имеет значительную мощность, соответствующую мощности водовмещающей каракумской свиты. Питание его осуществляется в первую очередь за счет фильтрации из Амударьи. Существенное значение имеют поток грунтовых вод со стороны дельт североафганских рек, Карабиля, а также фильтрация из Каракумского канала. Зеркало грунтовых вод, местами несколько поднявшееся в последние годы под влиянием канала, в целом плавно наклонено на запад и довольно стабильно залегает на глубине 15—20 *м*. Минерализация вод не испытывает резких колебаний и, за исключением отдельных пресных линз под барханными участками, остается в пределах 15—20, иногда 30 *г/л*, несколько увеличиваясь в западном направлении.

Природные комплексы

На междуречье Амударьи и Мургаба преобладают равнинные природные комплексы пустыни. Различают комплексы песчаной, песчано-суглинистой и суглинисто-солончаковой пустыни, приуроченные к собственно междуречью. В долине Амударьи развиты комплексы тугаев.

В зоне канала природные условия пустыни значительно трансформировались. В результате происходившей под его влиянием постепенной перестройки первичных комплексов появились измененные природные комплексы. Кроме того, сформировались техногенные комплексы, происхождение которых связано с воздействием человека и механизмов на природу в период строительства канала и его последующей эксплуатации.

Первичные природные комплексы. Среди природных комплексов песчаных пустынь в зависимости главным образом от литологических особенностей субстрата и уровня грунтовых вод выделяются северокарабильские и каракумские комплексы.

Северокарабильские природные комплексы пустыни распространены на северном склоне Карабиля и на прилегающей к нему древней дельтовой равнине североафганских рек. На поверхности развиты тонкозернистые пылеватые пески — продукт эоловой переработки подстилающих пород. Рельеф грядовый и грядово-ячеистый, выработан ветром. Пески в целом достаточно хорошо закреплены растительностью, незакреплен-

ные пески встречаются вокруг колодцев и на гребнях песчаных гряд в виде барханных массивов.

Почвы пустынные песчаные, малогумусные (0,3—0,4%), отличаются высокой водопроницаемостью и хорошей дренированностью. Для них характерна слабая дифференциация на горизонты. Среди растительных сообществ распространены илаковые и илаково-эфемеровые саксаульники, представляющие собой отличные весенне-летние пастбища. Грунтовые воды слабо и средне минерализованы (от 1—3 до 10—12 *г/л*) и залегают на значительной глубине (30—40 *м*). Наличие пастбищ и питьевой воды является основой отгонного животноводства.

Каракумские комплексы песчаной пустыни приурочены к Низменным Каракумам и второй террасе Амударьи. Здесь развиты мелкозернистые песчаные отложения каракумской свиты, менее пылеватые, чем карабильские, сильно переработанные ветром. Почвы пустынные песчаные. Грунтовые воды разной степени засоления (1—15 *г/л*) залегают сравнительно неглубоко (до глубины 20 *м*). К северу от Келифских озер на полузакрепленных грядово-ячеистых песках распространены эфедро-песчано-акациевые и саксауловые сообщества с илаком. Последний является ценным кормом для овец. В приамударьинской барханной полосе незакрепленные (развеваемые) пески формируют барханные цепи, на которых почвы либо не развиты, либо крайне примитивны. Растительность представлена селином, эфедрой, песчаной акацией.

Комплексы песчано-суглинистой пустыни свойственны району Обручевской степи. Для них характерно разнообразие рельефа, почвенного и растительного покрова. Рельеф представлен мелкими эоловыми грядами, сформированными на песчаных отложениях, и плоскими равнинными участками, приуроченными к местам развития глинистых и суглинистых пород. Соответственно изменениям субстрата в почвенном покрове сочетаются пустынно-песчаные и такыровидные почвы, такыры, реже солончаки. В растительном покрове господствуют древесно-кустарниковые ассоциации с эфемеровым разнотравьем на песчаных грядах, полынью и солянками — в отакыренных понижениях. Грунтовые воды обладают различной минерализацией; отмечаются воды от сильно соленых до солоноватых. Глубина их залегания уменьшается в северном направлении с 30—40 до 8—10 *м*. Выровненность поверхности и сравнительно легкий механический состав почвообразующих пород создают благоприятные условия для орошаемого земледелия.

Комплексы суглинисто-солончаковой пустыни свойственны шоровым впадинам Келифского Узбоя и прилегающей части дельтовой равнины Балха. Особенностью рельефа этой территории является широкое распространение солончаковых котловин. Почвы солончаковые, содержат в поверхностных солевых горизонтах до 30—60% воднорастворимых солей, что приводит к почти полному угнетению растительности. Проективное покрытие не превышает 10—15%; преобладают галофиты — сарсазан, кермек. На окраинах солончаков растут тамарикс, черкез Палецкого, изредка встречается черный саксаул. Грунтовые воды сильно минерализованы (30 *г/л* и более), залегают неглубоко. Под шорами на глубине менее 1 *м* вскрываются рассолы.

Тугайные комплексы развиты в основном на первой надпойменной террасе Амударьи, реже встречаются на высоких участках поймы. Для них характерно сочетание аллювиально-луговых и болотно-луговых почв под древесно-кустарниковой тугайной растительностью, в состав которой входят тополя (туранга), лох, тамарикс с большой примесью тростника. В чистом виде тугаи мало сохранились. Под воздействием хозяйственной деятельности древесная и кустарниковая растительность во многих местах сменилась зарослями тростника, карелинии, реже чия. На высокой пойме преобладают лугово-болотные ассоциации. Грунтовые воды залегают неглубоко и слабо минерализованы; лишь на пери-

ферии орошаемой зоны они сильно засолены и там образуются солончаки.

Измененные природные комплексы[1]. В результате 20-летнего обводнения Мургаб-Амударьинского междуречья Каракумским каналом под его воздействием на фоне первичной пустыни возникла зона измененных природных комплексов. Восточная часть рассматриваемой территории подвергалась обводнению в течение значительно более длительного времени: с 1928 г. в Келифский Узбой периодически сбрасывались излишки воды Бассага-Керкинского канала, орошающего левобережье долины р. Амударьи.

В своем развитии измененные природные комплексы постепенно приближаются к тем, которые существуют в настоящее время в долинах рек Средней Азии и связаны с повышенным поверхностным увлажнением. Появляются и аналоги сазовых комплексов, известных на периферии подгорных равнин в зоне выклинивания подземных вод. Следует сказать, что в природе наблюдается также обратный процесс. Так, на периферии современных долин и дельт рек Турана после прекращения затопления паводковыми водами происходит постепенное превращение тугаев в пустыню (Никитин, 1966).

Учитывая, что влияние канала на междуречье Амударьи и Мургаба проявляется, как уже отмечалось, наиболее ярко, характеристика взаимодействия на этой территории технических сооружений с природной средой представляет особый интерес (Граве Л. М., 1974). Нами были установлены признаки, по которым выделяются различные категории измененных природных комплексов.

Наиболее существенным фактором изменения ландшафта в зоне канала явилось повышенное увлажнение, обусловленное появлением поверхностных вод и поднятием уровня грунтовых вод за счет фильтрации воды из канала. Таким образом, измененные комплексы различаются прежде всего по степени увлажненности.

Быстрее всего новые условия увлажнения повлияли на растительный покров, развитие которого тесно связано с гидрогеологической и гидрологической обстановкой. Сначала появились отдельные влаголюбивые виды, затем в полосе, непосредственно прилегающей к каналу, особенно на пониженных участках, произошла почти полная замена прежде существовавшей растительности гигрофитами и фреатофитами. Влаголюбивые растительные ассоциации мы рассматриваем как существенный индикационный признак измененных природных комплексов. До появления канала эти ассоциации были развиты в пустынной зоне лишь по долинам рек.

Другим индикационным признаком мы считаем степень изменения пустынных почв. Влияние канала значительно медленнее сказывается на почвенном покрове. Наиболее заметно изменились песчаные пустынные почвы, в которых появились признаки увлажнения, а местами даже заболачивания, хотя эти процессы еще не привели к коренной перестройке почв.

Итак, вместо ландшафтов безводной пустыни в зоне канала сформировались природные комплексы разной степени увлажнения (Граве. Костюченко, 1975). Среди них выделяются группы прибрежно-мелководных и наземных комплексов (см. схему 1).

Прибрежно-мелководные комплексы развиты на прибрежных мелководьях канала и примыкающих к нему заливов и озер. Эти комплексы характеризуются избыточным увлажнением, т. е. наличием поверхностных вод. Уровень воды непостоянен и зависит от режима работы канала. Мелководья и озера сильно заилены. Характерно интенсивное развитие сообществ гигрофитов и гидрофитов. Густые тростниково-рогозовые за-

[1] Подраздел написан Л. М. Граве и В. П. Костюченко.

Схема 1

Классификация измененных природных комплексов в зоне первой очереди Каракумского канала



росли по берегам канала, в прибрежных частях заливов и обособленных озер сочетаются с зарослями тамарикса.

Ландшафты прибрежных мелководий и озер занимают наибольшую площадь в районе Келифского Узбоя. Они широко развиты и при пересечении каналом песчаной пустыни. Здесь на месте впадин колодцев образовались большие разливы (озера Кельтебеден, Кызылчабаба и некоторые другие), которые сопровождаются множеством мелких фильтрационных озер. В Обручевской степи, где песчано-глинистые отложения и плоский рельеф не способствуют возникновению разливов и активной фильтрации, природные комплексы избыточного увлажнения развиты ограниченно.

Наземные природные комплексы в зависимости от степени увлажнения и изменения растительности, почв и других компонентов природной среды делятся на три подгруппы: гидроморфные сильного увлажнения, полугидроморфные умеренного увлажнения и природные комплексы слабого увлажнения (переходная территория). Они располагаются вдоль канала более или менее параллельными полосами, ширина которых в разных районах различна. Уклон поверхности и зеркала грунтовых вод в сторону Низменных Каракумов предопределили более широкое развитие измененных природных комплексов к северу от канала, чем к югу от него.

Гидроморфные комплексы развиты на примыкающих к каналу территориях, занимая его невысокие берега и межгрядовые понижения. В результате эпизодического затопления и устойчивого подтопления фильтрационными водами здесь создается постоянно повышенное увлажнение. Горизонт грунтовых вод находится на глубине менее 2 *м*. Растительность представлена ассоциациями гидрофитов и фреатофитов. Местами это настоящие туги, в которых встречаются туранга, лох, ива. Заросли высокого тростника окаймлены поясом тамарикса солончакового или развесистого (в зависимости от степени засоленности почво-грунтов). В понижениях, где нет постоянных водоемов, тростниково-тамариксовые ассоциации занимают самые низкие участки. Они оконтурены зарослями верблюжьей колючки и карелинии, которые развиты и в нижних частях склонов. Изредка встречается чий.

Почвенный покров в гидроморфных комплексах сильно увлажнен. Наиболее характерны песчаные переувлажненные почвы, в которых значительное увлажнение отмечается по всему профилю. Грунтовые воды залегают на глубине не более 1 *м* от поверхности. В глубоких замкнутых понижениях непосредственно вблизи канала подолгу застаивает-

ся вода. В результате возникают условия анаэробности и наблюдаются признаки заболачивания: темные сизоватые и охристые пятна и разводы, затхлый запах, полусгнившие корни растений (главным образом тростника). Это позволяет назвать эти почвы песчаными заболоченными (Костюченко, Граве, 1975). Размер пятен таких почв в западной части междуречья не превышает 20 $м^2$, а в восточной части, севернее Келифских озер, достигает 50 $м^2$ и больше. Переувлажненные почвы, сочетаясь с заболоченными, окаймляют последние в виде полосы шириной в несколько метров. В глубоких понижениях, открытых к каналу, переувлажненные почвы образуют самостоятельные массивы. В мелких понижениях при достаточно близком залегании грунтовых вод (130—150 *см*) формируются увлажненные песчаные почвы, в которых влажность фиксируется с глубины примерно 40 *см*.

Гидроморфные комплексы занимают около 80% территории зоны сильного увлажнения. В остальной части зоны развиты пустынные природные комплексы, несколько измененные за счет распространения среди пустынных видов влаголюбивых растений. Ширина полосы распространения гидроморфных комплексов по обеим сторонам канала в зависимости от литологических и геоморфологических особенностей территории сильно меняется.

Полугидроморфные комплексы развиты в условиях преобладающего влияния фильтрации из канала. Воздействие поверхностных вод канала здесь практически отсутствует. Эти комплексы приурочены, как правило, к межгрядовым мезо- и микропонижениям эолового рельефа, где грунтовые воды залегают на глубине не более 5 *м*. В этом случае внутригрунтовое испарение становится важным дополнительным фактором увлажнения, что находит отражение в распределении растительных ассоциаций. Днища понижений заняты фреатофитами. Местами, поднимаясь до середины склона гряд, некоторые из этих растений вытесняют представителей песчаной пустыни или произрастают совместно с ними. Пустынная растительность хорошо развита на вершинах песчаных гряд и в верхних частях склонов, в условиях же увлажнения она приобретает угнетенный характер.

Влияние канала на почвы здесь проявляется значительно слабее, чем в гидроморфных комплексах. Лишь в глубоких межгрядовых понижениях развиты увлажненные песчаные почвы; площадь их распространения колеблется в зависимости от сезонных изменений обводнения территории. При повышении увлажненности в случае прорыва или сброса воды из канала в наиболее глубоких понижениях происходит преобразование увлажненных почв в переувлажненные. В условиях осушения территории эти процессы будут протекать в обратном направлении.

В такыровидных почвах в связи со временным неоднократным увлажнением почвенных горизонтов активизируются процессы передвижения солей по профилю (их содержание колеблется от 0,5 до 2,5%). На отдельных участках в результате дополнительного обводнения происходит интенсивное полигональное растрескивание поверхности. В условиях постепенного подъема горизонта грунтовых вод в зоне влияния канала отмечается некоторое изменение солончаков. Их размер иногда увеличивается, пухлые солончаки преобразуются в мокрые, а вместо мокрых солончаков возникают фильтрационные сильнозасоленные озера.

Полугидроморфные комплексы, приуроченные к межгрядовым понижениям, занимают примерно 50% территории, сочетаясь с плакорными поверхностями. Особенно большие площади, занятые указанными комплексами, сосредоточены в районе Келифского Узбоя, где они встречаются на расстоянии 12—15 *км* (максимум 50 *км*) к северу от канала и 7—8 *км* — к югу от него.

На периферии северного склона Карабиля полугидроморфные комплексы тянутся вдоль канала полосой. По северному берегу ширина этой

полосы достигает 2—5 *км*, по южному — уменьшается до 1,5—2 *км*. В пределах Обручевской степи эти комплексы встречаются лишь к северу от канала в непосредственной близости к руслу и вдоль зон прорыва и сбросов вод.

Природные комплексы слабого увлажнения выделяются в полосе отдаленного и ограниченного влияния канала. Фильтрационное увлажнение сосредоточено здесь только на изолированных пятнах, приуроченных к отрицательным формам рельефа. Площадь фильтрационных пятен занимает в среднем около 20% территории, переходной к неизмененной пустыне. Грунтовые воды залегают на глубине 5—15 *м*. Ландшафты характеризуются преобладанием пустынных растительных ассоциаций. Лишь в межгрядовых понижениях на пятнах фильтрации встречаются разреженные группы относительно влаголюбивых видов растений, в основном представленные астрагаловыми комплексами, эфемеровым разнотравьем или сообществами солянок.

Почвенный покров в этой группе природных комплексов видимых признаков влияния канала не имеет. Однако в глубоких межгрядовых понижениях в профиле пустынных песчаных почв на глубине 1,5—2 *м* встречаются горизонты с повышенной увлажненностью, которые можно рассматривать как возникшие вследствие фильтрации из канала. Развитые в Обручевской степи наряду с песчаными пустынными почвами такыровидные почвы, а также такыры и солончаки на территории переходных природных комплексов воздействие канала не отражают (табл. 31).

Таблица 31

Площади измененных природных комплексов на междуречье Амударьи и Мургаба (*км*²)

Участок зоны канала	Прибрежно-мелководные комплексы	Наземные комплексы			Общая площадь
		гидроморфные	полугидроморфные	переходные	
Приамударьинский барханный (30—50 *км*)	1	19	11	5	36
Келифский солончаковый (50—105 *км*)	48	180	79	33	340
Обручевский такырный (105—180 *км*)	2	17	20	4	43
Примургабский песчано-грядовый (180—310 *км*)	11	51	38	14	114
Всего	62	267	148	56	533

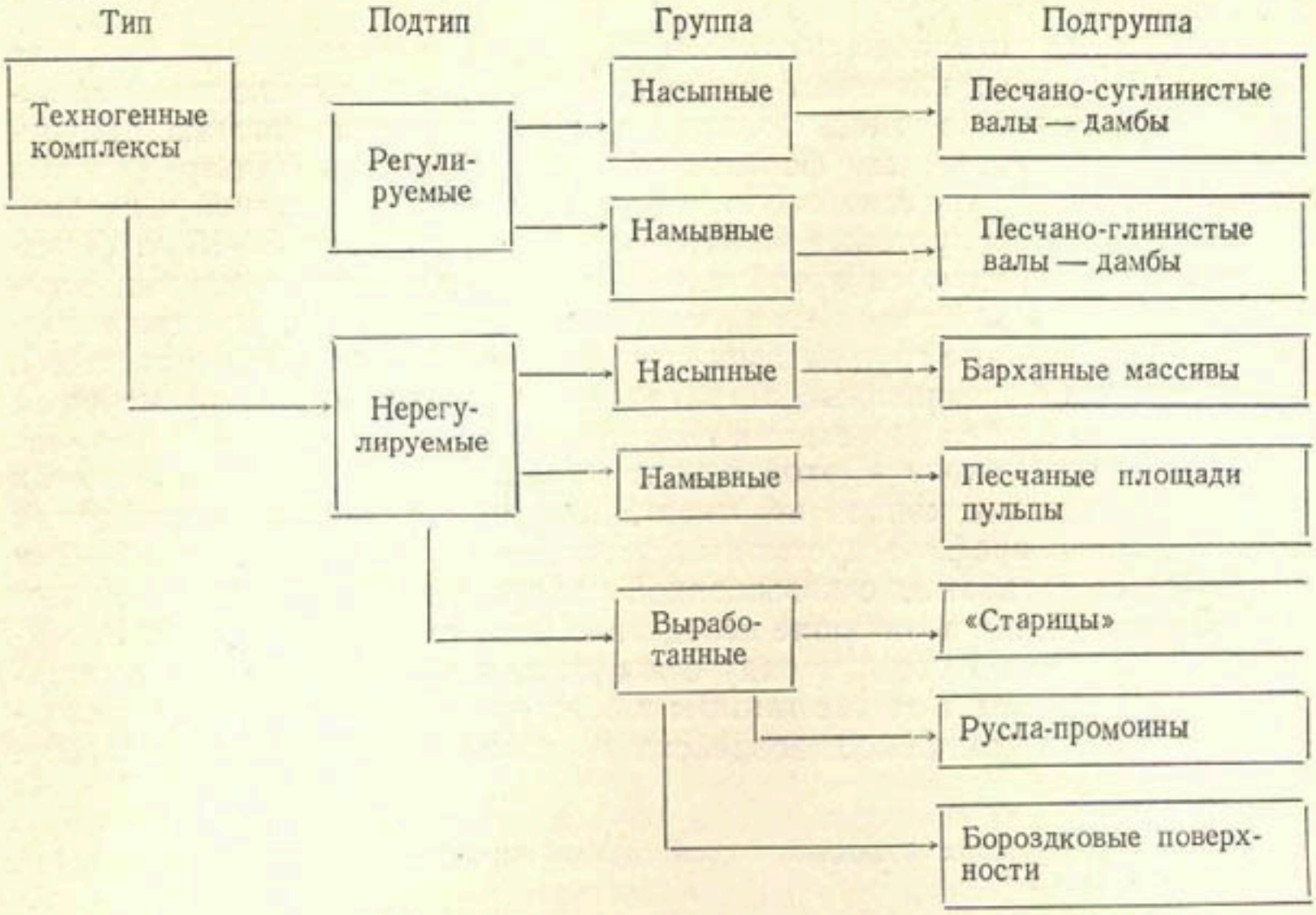
В заключение краткого обзора измененных природных комплексов следует отметить, что их сочетание с комплексами неизмененной пустыни отличается мозаичностью. Это выражается в пятнистом распространении измененных комплексов, обусловленном прежде всего микро- и мезорельефом поверхности. Как правило, все повышенные участки, не испытывающие увлажнения, сохраняют облик первичной пустыни. И чем дальше от канала, тем меньшую площадь занимают участки, на которых наблюдается изменение почвенного и растительного покрова под влиянием вод канала (рис. 12).

Техногенные комплексы[1]. Среди техногенных комплексов выделяют регулируемые, сформированные процессами, направленными на создание данного комплекса, и нерегулируемые, появившиеся как побочное, иногда неожиданное следствие технических процессов (см. схему 2).

[1] Подраздел написан Л. М. Граве.

Схема 2

Классификация техногенных комплексов в зоне первой очереди Каракумского канала



Регулируемые техногенные комплексы представлены дамбами, окаймляющими канал почти на всем его протяжении. По способу сооружения различаются насыпные и намывные комплексы дамб.

Насыпные песчано-суглинистые дамбы — это профилированные валы с выровненной поверхностью и склонами, крутизна которых приближается к углу естественного откоса. Они сформированы из материала, поступающего при прокладке канала посуху экскаваторами и сгребании грунта бульдозерами. Дамбы ограничивают разливы в районах развития грядового эолового рельефа и укрепляют борта канала в Обручевской степи, где он проходит в полувыемке-полунасыпи. В зависимости от литологического строения территории, пересекаемой каналом, дамбы сложены то более песчаным, то более глинистым материалом. Чтобы предотвратить разрушение дамб, их устилают ветками саксаула, засевают верблюжьей колючкой и некоторыми злаками. В дальнейшем происходит самозарастание дамб эфемерами и янтачно-злаковыми сообществами, а обводненные подножия зарастают тростником. Высота дамб колеблется от 3 до 10 *м* и более. В районах интенсивных разливов сооружаются дублирующие валы.

Намывные песчано-глинистые дамбы по форме аналогичны насыпным, но образованы материалом, извлекаемым землесосами со дна канала. Водноилисто-песчаная масса — пульпа — поступает в специально укрепленные рамы, перемещающиеся вверх по мере их заполнения осадком. Излишек воды сливается после отстаивания мути. Поэтому материал, формирующий намывные дамбы, более тонкий, чем в насыпных.

Намывные дамбы обладают совершенно плоской поверхностью, пригодной для прокладки автомобильных дорог. Они обычно не нуждаются в укреплении откосов, так как склоны, обращенные к каналу, быстро зарастают тростниково-янтачными ассоциациями, а противоположные — солянками. В последнее время намывка дамб стала широко применяться при расширении и укреплении насыпных дамб.

Нерегулируемые техногенные комплексы возникли попутно с сооружением канала и связанных с ним гидротехнических сооружений, а также при последующем углублении и спрямлении канала, укреплении его бортов, очистке от наносов. Различаются насыпные, намывные и выработанные нерегулируемые комплексы.

Насыпные комплексы образованы барханными песками. Большие массивы их сформировались в период прокладки Каракумского канала в результате огромного объема земляных и строительных работ. По данным О. Н. Нургельдыева (1969), при строительстве первой очереди канала из его ложа было вынуто и перемещено около 70 млн. $м^3$ грунта.

Значительная часть этого материала была использована для строительства дамб и дорог, а остальная часть, подвергшись развеванию, превратилась в барханные массивы. Развеваемые пески и до настоящего времени местами наступают на берега канала, перекрывают их, образуя в русле отмели и косы. Уничтожение растительного покрова в зоне канала также способствовало оживлению эоловых процессов и формированию барханных песков на месте ранее закрепленных. Значительные по площади барханные массивы возникли на окраинах поселков и около гидроузлов.

Намывные комплексы представлены песчаными наклонными или слегка выпуклыми площадками, образовавшимися из материала, вынутого из канала землесосами. На недавно возникших площадках песок, как правило, развевается, покрыт ветровой рябью, нередко появляются небольшие барханы. Эти площадки почти не закреплены растительностью, на них изредка встречается только селин.

Песчаные площадки, существующие 3—4 года и больше, обычно покрыты как влаголюбивой растительностью (тростниково-тамариксовые ассоциации), так и пустынной (кандымово-черкезовые ассоциации). Такие площадки развиты на обоих берегах канала, особенно в западной части междуречья Амударьи и Мургаба.

Выработанные комплексы связаны с эксплуатацией Каракумского канала и мероприятиями по укреплению его берегов. Так, в результате спрямления канала возникли отчлененные участки бывшего русла — «старицы», сильно заросшие и обмелевшие. В некоторых недавно отделенных старицах сохраняется водный режим, и по своему облику они близки к гидроморфным природным комплексам. Другие старицы увлажняются только за счет фильтрации. Они заросли гидрофитами, которые со временем сменяются псаммофитами и солянками. Старицы приурочены в основном к песчаной пустыне, где чаще всего проводится спрямление канала.

В результате периодического сброса излишков воды из канала образуются русла-промоины. Их формированию способствуют эпизодические разливы воды из канала во время прорыва дамбы. Наличие на берегах канала двух рядов дамб не всегда гарантирует от интенсивных единовременных прорывов воды. Бóльшая часть русел-промоин быстро пересыхает, и влаголюбивая растительность (тростник, тамарикс) в них сохраняется лишь в течение непродолжительного времени. В отдельных руслах-промоинах может оставаться вода. При постоянном использовании русел для сброса воды они углубляются, и в них местами формируются небольшие терраски. Русла-промоины следует рассматривать как пример возникновения эрозионных явлений техногенного происхождения в условиях пустыни.

При снятии бульдозерами слоя грунта для сооружения дамб создаются бороздковые поверхности — песчаные и глинистые сильно расчлененные участки. Расчлененный бороздковый рельеф образован параллельными выемками глубиной до 3 *м*, шириной 5—8 *м*, длиной в несколько десятков метров и разделяющими их останцами. Такие формы обычно примыкают к подножию дамбы, занимая значительную полосу вдоль

нее. Для бороздковых поверхностей характерна довольно сильная засоленность, обусловленная тем, что в днищах борозд грунтовые воды оказываются значительно ближе к поверхности, чем на останцах между ними и на прилегающей территории. В результате происходят выпотевание солей и отложение их на дне и боковых стенках выемок.

Природно-мелиоративные районы

Возможности хозяйственного использования природных комплексов междуречья Амударьи и Мургаба весьма различны. В связи с этим здесь выделяются следующие группы природно-мелиоративных районов: пригодные для земледельческого освоения; пригодные для пастбищного животноводства; пригодные для отгонного животноводства и частично для поливного земледелия; малопригодные для сельскохозяйственного освоения. Особенности природных условий различных районов и перспективы их использования, естественно, требуют проведения разного сочетания мелиоративных мероприятий. Воздействие канала на территории междуречья проявляется очень разнообразно от места к месту. Все это привело к необходимости довольно дробного разделения перечисленных групп районов.

Районы, пригодные для земледельческого освоения, приурочены к комплексам песчано-суглинистой пустыни на территории Обручевской степи и южной окраины дельты Балха, а также к долине Амударьи. На востоке преобладают глинистые равнины, на западе — эоловые гряды, чередующиеся с замкнутыми суглинистыми и глинистыми понижениями. Коэффициенты фильтрации невысоки — порядка 0,2—0,5 *м/сутки*. Грунтовые воды от солоноватых до сильно минерализованных залегают на значительной глубине, и опасности поверхностного засоления здесь не возникает.

60—70% площади рассматриваемой территории занимают песчаные пустынные почвы. От аналогичных почв других районов они отличаются более высоким содержанием фракций пыли и ила. На остальной части территории преобладают такыровидные почвы. С поверхности они засолены слабо, но в лежащих ниже горизонтах количество солей достигает 1—2,5% по плотному остатку. Карбонатность их высокая (8—10%), а содержание гумуса примерно такое же, как в песчаных пустынных почвах (0,5%). Такыровидные почвы требуют проведения ряда мероприятий по рассолению и обогащению органическими удобрениями. В комплексе с такыровидными почвами развиты такыры. Содержание в них фракций физической глины превышает 50%, а ила достигает примерно 30%. Для земледелия такыры могут использоваться после пескования и обогащения питательными веществами.

Геоморфолого-литологические условия обусловили небольшую ширину зоны непосредственного влияния Каракумского канала (2—3 *км*). В Обручевской степи и на южной окраине дельты Балха прибрежно-мелководные природные комплексы и наземные ограниченного увлажнения мало развиты.

Слабо увлажненные наземные комплексы окаймляют канал полосой как с севера, где ее ширина колеблется от 1 до 3 *км*, так и с юга, где она у́же 1,5 *км*. Природные комплексы значительного увлажнения развиты сплошной полосой (шириной 0,5—2 *км*) лишь на востоке территории и локальными участками — в остальной ее части. В местах прорыва воды из канала и вблизи орошаемых земель пятна увлажненных природных комплексов встречаются в 10—13 *км* к северу от канала (район восточнее с. Топуркак).

В долине Амударьи, где основную часть территории занимает оазис, имеются небольшие площади с тугайными природными комплексами. Земель, пригодных для орошения, но еще не освоенных, осталось мало.

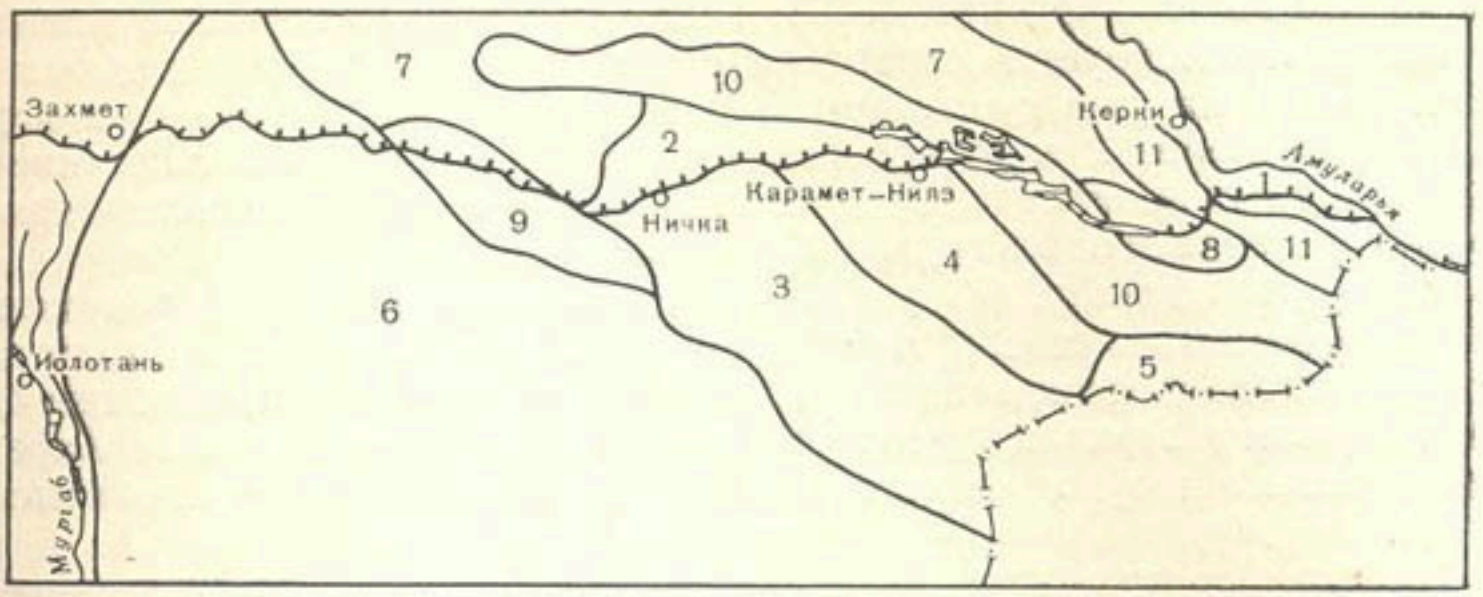


Рис. 13. Природно-мелиоративные районы междуречья Амударьи и Мургаба

Районы: *1* — Амударьинский; *2* — Джапарский; *3* — Ничкинский; *4* — Карамет-Ниязский; *5* — Южно-Балхский; *6* — Северо-Карабильский; *7* — Каракумский; *8* — Прибарханный; *9* — Карабеленджский; *10* — солончаковых впадин; *11* — Приамударьинский

В Обручевской степи и южной части дельты Балха фонд пахотопригодных земель достигает, по имеющимся данным (Лавроненко и др., 1973), 527,5 тыс. *га*. Однако на долю земель высокопроизводительных и требующих небольших мелиораций приходится всего 40,2 тыс. *га*. Остальные 487,3 тыс. *га* — это земли с низкой производительностью, требующие интенсивных мелиораций, причем на площади в 313,4 тыс. *га* мелиоративные мероприятия должны быть многосторонними и проводиться систематически. К 1971 г. в Обручевской степи под орошение было освоено 4 тыс. *га* земель, к концу 1975 г. эта площадь увеличилась до 6 тыс. *га*. В перспективе намечается ее увеличение до 10 тыс. *га* (Захарченко, 1972).

Приведенные цифры указывают на весьма значительные резервы земельных площадей, которые могли бы использоваться при подаче соответствующего количества воды для орошения. Сдерживающим моментом является, очевидно, недостаточно высокое качество большей части резервных площадей по сравнению с другими территориями в зоне канала, а также отсутствие в настоящее время необходимых трудовых ресурсов. Правда, колхозы, расположенные в районе пос. Халач и г. Керки (где земельные фонды ограниченны), начинают осваивать эти земли, несмотря на их значительную отдаленность. Не исключено, что в дальнейшем этот процесс будет происходить более интенсивно.

В рассматриваемой группе районов в зависимости главным образом от положения их по отношению к каналу (к северу от него лежат подкомандные территории, к югу — требующие водоподъема) и вероятного характера мелиораций выделяются пять районов: Амударьинский, Джапарский, Ничкинский, Карамет-Ниязский и Южно-Балхский (рис. 13).

Амударьинский район (*1*) занимает часть левобережья среднего течения Амударьи, подкомандную Босага-Керкинскому каналу. Это, как уже отмечалось, староорошаемый район. Почвы имеют хорошо развитый агроирригационный горизонт поверх аллювиальных отложений, формирующих первую террасу. Характерен высокий уровень грунтовых вод, что свойственно территориям с развитым орошаемым земледелием. Валовой фонд пахотопригодных земель, равный 25,6 тыс. *га*, складывается из 7,2 тыс. *га* высокопроизводительных земель, не требующих больших мелиораций, и 18,4 тыс. *га* земель с почвами пониженного плодородия, восстанавливаемого в мелиоративный период (Лавроненко и др., 1973). В настоящее время в районе орошается свыше 15 тыс. *га* земель, по проекту четвертой очереди Каракумского канала предполагается использовать под орошение (в основном для посевов хлопчатника) в совокупно-

сти 25 тыс. *га* (Захарченко, 1972). Таким образом, дальнейшее развитие орошения лимитируется ограниченностью фонда пахотопригодных земель. Учитывая уже существующий высокий уровень грунтовых вод в районе (не более 2 *м* от поверхности), следует обратить внимание на развитие дренажной сети. Судя по гидрогеологическим условиям, наиболее целесообразен здесь горизонтальный дренаж.

Джапарский район (*2*) расположен по правому борту Каракумского канала и занимает северную периферию Обручевской степи. Земли района находятся в подкомандной каналу зоне и хорошо дренированы благодаря уклону зеркала грунтовых вод к северу (в Низменные Каракумы) и залеганию под дельтовыми отложениями песков каракумской свиты.

Плоская поверхность, полого снижающаяся к северу, незначительный покров эоловых песков, возможность свободного сброса дренажных и промывных вод на север, достаточно глубокое залегание грунтовых вод (10—15 *м*), благоприятные условия для самотечной подачи воды — все это делает Джапарский район одним из наиболее перспективных для орошаемого земледелия. В настоящее время в его западной части значительная площадь используется под посевы кормовых трав, главным образом люцерны (с. Топуркак). Орошение обеспечивается механизированным водозабором из канала. Восточнее отдельные участки периодически обводняются во время сбросов из канала (окрестности колодца Джапар).

С севера район обрамляют солончаковые котловины (шоры) Келифского Узбоя. В восточной части района от оз. Карамет-Ниязи и приблизительно до меридиана колодца Джапар шоры залиты водой, сбрасываемой из канала у гидроузла № 1 (Часкак), и фильтрационными водами. Образовавшиеся озера могут использоваться (и частично используются) для рыбоводства и водопоя скота. Западнее солончаковые котловины сухие. В них могут сбрасываться дренажные и промывные воды в случае, если из-за сильной минерализации их нельзя будет использовать для обводнения песков.

В будущем почти на всем северном берегу канала в пределах Джапарского района могут быть размещены поливные земли. Общая площадь пахотнопригодных земель, по нашим ориентировочным подсчетам, составляет здесь примерно 120—150 тыс. *га*. Правда, их использование потребует проведения широкого комплекса мелиораций. Наибольшее значение должны приобрести дренаж (поскольку район находится в подкомандной зоне, где уровень грунтовых вод имеет тенденцию к повышению за счет фильтрации из канала), выравнивание песчаных участков и агрохимические мероприятия по улучшению почв.

Ничкинский район (*3*) расположен почти против Джапарского к югу от канала. Поверхность его лежит гипсометрически выше уровня канала, поэтому при освоении земель под орошение потребуется машинный водоподъем на высоту порядка 10—25 *м*. Территория здесь более расчленена, чем в Джапарском районе, что обусловлено мелкогрядовым эоловым рельефом с амплитудой высот 5, максимум 8 *м*. Промежутки между грядами представляют собой ровные отакыренные участки.

Значительная глубина залегания грунтовых вод (20 *м* и больше) в преобладающей части района позволяет применить облегченный тип дренажа. Лишь в непосредственной близости от канала, где уровень грунтовых вод в наиболее глубоких понижениях поднимается вплоть до выклинивания, встречаются солончаки. По почвенным и климатическим условиям в районе наряду с хлопководством возможно развитие садоводства, огородничества и виноградарства. Небольшие огороды и сады уже есть в Ничке. Из мелиоративных мероприятий необходима планировка поверхности для сглаживания мелкогрядового рельефа, поскольку размер такыровых площадок сравнительно невелик. Общая площадь

пригодных для орошения земель примерно в 2 раза меньше, чем в Джапарском районе.

В южной части района развито отгонное животноводство на илачных пастбищах. Следует предусмотреть подачу сюда по трубам воды из канала, так как немногочисленные колодцы не смогут обеспечить все возрастающую потребность в воде.

Карамет-Ниязский район (*4*), располагающийся на левом берегу канала, по гидромелиоративным условиям и размерам земельного фонда довольно сходен с Джапарским. Рельеф характеризуется минимальной расчлененностью; эоловый покров незначительной мощности образует обособленные участки мелкогрядовых песков с амплитудой высот не более 3—5 *м*. Большие площади занимают ровные суглинисто-глинистые поверхности, на которых развиты такыровидные почвы, местами такыры и солончаки. Горизонт грунтовых вод находится на глубине 15—25 *м* от поверхности в южной части района и на глубине 8—10 *м* — вблизи канала. Условия естественного дренажа вполне удовлетворительны, особенно на некотором удалении от неширокой зоны влияния канала. Это объясняется тем, что обручевская свита в пределах района на небольшой глубине подстилается хорошо фильтрующими каракумскими песками. Здесь имеются перспективы освоения значительных площадей, в одних местах при небольшом машинном водоподъеме, в других — с помощью полива самотеком.

Кроме травосеяния и огородничества, в районе возможно развитие хлопководства. В настоящее время здесь сосредоточена основная часть поливных земель междуречья Амударьи и Мургаба, и в последние годы отмечается интенсивное расширение площадей под хлопчатником. Для выяснения размеров и способов искусственного дренажа, а также путей сброса дренажных вод требуются дополнительные исследования. Уже сейчас не вызывает сомнения необходимость мелиорации такыров и небольшой планировки песков. В юго-западной части района развивается пастбищное животноводство; условия водоснабжения там примерно такие же, как и в Ничкинском районе.

Южно-Балхский район (*5*) располагается в верхней части дельты Балха за пределами территории, занятой солончаками. Район является наименее благоприятным для поливного земледелия. По характеру рельефа он мало отличается от предыдущих четырех районов. Его специфика — появление элементов расчленения в виде сухих выположенных русел Балха; эоловый покров незначителен, встречается небольшими пятнами. Неблагоприятными факторами для освоения района являются сравнительно неглубокое залегание сильно минерализованных (до 30 *г/л*) грунтовых вод и засоленность почв. После сооружения Зеидского (головного) водохранилища возможен дальнейший подъем уровня грунтовых вод в результате фильтрации. В то же время появится возможность подачи воды в пределы района непосредственно из водохранилища. Правда, общая площадь пригодных для орошения земель здесь, вероятно, будет невелика. Развитие орошаемого земледелия в дельте Балха потребует проведения ряда мелиоративных мероприятий — промывок, дренажа, внесения в почву удобрений и т. п.

Районы, пригодные для пастбищного животноводства, занимают основную часть территории, на которой развиты природные комплексы песчаной пустыни. Условия для развития овцеводства (каракулеводства) здесь вполне благоприятны, поскольку песчаная пустыня является хорошим естественным пастбищем. Развитие же земледелия в этих районах маловероятно даже в отдаленном будущем ввиду преобладания в них сильно пересеченного эолового рельефа.

Равнинные пастбища Юго-Восточных Каракумов обеспечены естественными кормами в течение всего года, хотя это не исключает необходимости иметь страховой запас, особенно на зимнее время. Следует также

принять во внимание, что продуктивность этих пастбищ составляет всего от 1 до 3—4 *ц/га* (в пересчете на сухое вещество). Поэтому приходится использовать под выпас большие площади, применяя периодический отгон скота на новое место с учетом того, что для одной овцы требуется площадь пастбищ от 5 до 10 *га* в год (Средняя Азия, 1968). В зоне канала выделяются два крупных района, пригодных (и давно уже используемых) для пастбищного животноводства: Северо-Карабильский и Каракумский.

Северо-Карабильский район (см. рис. 13, *б*), занимающий периферию северного склона Карабиля с грядовым эоловым рельефом, по природным условиям наиболее благоприятен для развития животноводства. Тонкий пылеватый состав поверхностных отложений способствует распространению достаточно густого илакового и илаково-эфемерового травяного покрова, обладающего высокими кормовыми качествами. Кроме того, развитая здесь древесно-кустарниковая растительность используется скотом в зимне-весеннее время. Преобладают белосаксаульники с примесью кандыма и черкеза. Вершины гряд часто обарханены, и белый саксаул на них разрежен, а фон создают селин, полынь и в меньшей мере — кандым. В межгрядовых понижениях преобладают разнотравье и злаки.

В восточном направлении, при переходе к древнедельтовой равнине североафганских рек, количество гряд с псаммофитной растительностью убывает, уменьшается их высота, а в нижних частях склонов все чаще встречается черный саксаул. Ближе к Обручевской степи он образует обширные массивы естественных насаждений (до 100—300 экз/*га*). С черным саксаулом связаны травянистые группировки, представленные солянками, сведами и разнотравьем. Иногда черный саксаул образует заросли, в которых сомкнутость крон приближается к 50%. В таких зарослях травяной покров отсутствует. Подобные насаждения описаны севернее зоны канала на меридиане пос. Уч-Аджи (Коровин, 1961).

В рассматриваемом районе пустыни Каракумский канал образует большие разливы по меридиональным межгрядовым понижениям и котловинам, в которых раньше располагались колодцы. Вдоль канала, особенно с северной стороны, тянется полоса фильтрационных озер. В этих местах обильно развивается высокопродуктивная влаголюбивая растительность, большей частью вполне пригодная для заготовки резервного запаса кормов.

Особенно велика роль канала в обводнении пастбищ. В зоне шириной до 15 *км* (суточный перегон овец) животноводство базируется на водопои по берегам канала. На большем расстоянии от канала для водопоя используют колодцы, дебит которых несколько возрос за счет фильтрации из канала, а питьевая вода завозится автоцистернами. В дальнейшем обводнение пустыни в удаленной от канала зоне можно улучшить путем строительства водоводов.

Проведение мелиоративных мероприятий должно быть направлено на улучшение пастбищ, предотвращение развевания песков, закрепление барханов вокруг колодцев, населенных пунктов, водопоев и гидроузлов в зоне канала.

Каракумский район (7) занимает часть Низменных Каракумов, прилегающую с севера к дельтовым равнинам североафганских рек. Этот район по своим природно-мелиоративным условиям и направлению развития хозяйства довольно сходен с Северо-Карабильским. На илачных пастбищах песчаной пустыни здесь также развивается отгонное животноводство. В растительном покрове преобладают псаммофитно-кустарниковые ассоциации белого саксаула, песчаной акации, эфедры, астрагала. К илаку в травяном покрове примешиваются эфемеры. Специфику ландшафта создает вытянутая на юге района цепь котловин Келифского Узбоя, частично превращенных, как уже отмечалось, в озера-отстойники

Каракумского канала. Песчаные породы каракумской свиты, обладающие высоким коэффициентом фильтрации (1,5—3 *м/сут*), способствуют распространению далеко к северу от Келифского Узбоя зоны фильтрационных озер. На соленых грунтовых водах здесь изобилуют пресные линзы, которые являются источниками питания колодцев.

Интенсивные фильтрационные процессы способствуют широкому развитию природных комплексов сильного увлажнения. Среди песков в полосе шириной до 20 *км* к северу от канала постоянно встречаются пятна фильтрации (единичные пятна наблюдаются в полосе до 30 *км*). В результате происходит уменьшение площади пастбищ, используемых для овцеводства. В то же время обводненные участки становятся пригодными для выпаса крупного рогатого скота и для заготовки кормов (что уже частично осуществляется).

Районы, пригодные для отгонного животноводства и частично для поливного земледелия, занимают небольшие участки в области развития комплексов песчаной пустыни, обладающие относительно более выположенным рельефом, что при наличии воды позволяет наряду с животноводством развивать очаговое земледелие главным образом кормового направления. Указанные участки образуют два небольших района — Прибарханный и Карабелендский.

Прибарханный район (см. рис. 13, *8*) расположен на стыке дельты Балха и приамударьинской барханной полосы. Коэффициенты фильтрации в зоне канала здесь достаточно велики — до 3 *м/сут* к северу от канала и до 1,5 *м/сут* — к югу. Рельеф района относительно выровненный. Барханы покрывают не всю поверхность, оставляя плоские участки. Условия естественного дренажа на севере, в подкомандной каналу зоне, достаточно благоприятны (супесчано-суглинистые отложения подстилаются песками каракумской свиты). Почвы такыровидные, лишь местами засоленные. Все это позволяет рассматривать район как перспективный для выборочного орошения с подачей воды из канала самотеком и с применением горизонтального дренажа и агромелиораций. Небольшие площади вблизи канала здесь уже орошаются, на них развивается бахчеводство и выращиваются кормовые травы. Территории к северу и югу от канала с расчлененными эоловыми песками используются для выпаса скота. Общая площадь земель, пригодных для выборочного орошения с применением комплекса мелиораций, составляет примерно 600—800 *га*.

Карабелендский район (*9*) занимает северо-восточную часть древней дельты североафганских рек и северо-западную окраину Обручевской степи. Переход между ними постепенный. Среди поверхностных отложений преобладают супеси и пылеватые пески с коэффициентом фильтрации до 1 *м/сут*. Эоловый рельеф сильно расчлененный, но с достаточно обширными и ровными межгрядовыми участками. Свойственные району песчаные пустынные почвы между грядами обладают лучше развитым профилем, чем на повышенных участках. Растительность представлена ассоциациями черносаксаульных лесов. Грунтовые воды находятся на глубине 10—20 *м*; они слабо минерализованы (до 3—5 *г/л*). В направлении Обручевской степи их минерализация увеличивается.

Каракумский канал на отрезке между гидроузлами № 2 и № 3 образует крупные озеровидные расширения, обрамленные полосой (шириной в 5—8 *км*) увлажненных природных комплексов. Обособленные выровненные понижения, в том числе в местах сброса пульпы землесосами, сложенные более тонким материалом, чем песчаные гряды, могут использоваться для очагового земледелия (под бахчи, посевы кормовых трав). Общая площадь таких участков достигает примерно 500—600 *га*. На них можно было бы заготавливать более или менее достаточное количество резервных кормов для развитого здесь животноводства (с уче-

том использования и влаголюбивой растительности в зоне влияния канала).

При сельскохозяйственном освоении таких пониженных площадок возникает необходимость в выравнивании их поверхности и проведении агромелиораций. Значительная глубина залегания грунтовых вод при мелкооазисном типе орошения не создает угрозы засоления. Неблагоприятным последствием распашки могут стать нарушение естественной растительности и развевание песков на соседних участках, что обычно приводит к появлению подвижных барханов.

Районы, малопригодные для сельскохозяйственного освоения, занимают суглинисто-солончаковую пустыню современной дельты Балха и Келифского Узбоя, а также песчаные комплексы приамударьинской барханной полосы. Здесь выделяются Келифский район солончаковых впадин и Приамударьинский барханный.

Район солончаковых впадин (см. рис. 13, *10*), территория которого сложена толщей разнообразных тяжелосуглинистых (в дельте Балха) и песчаных (во впадинах Келифского Узбоя) пород, непригоден для сельскохозяйственного освоения. Здесь залегают сильно минерализованные (свыше 30 *г/л*) грунтовые воды, которые на дне впадин приближаются к поверхности и образуют солончаки. Часть впадин используется как озера-отстойники. С созданием Зеидского водохранилища объемом около 3,5 *км*^{2} будет затоплена значительная часть солончаков. Развитие диапировых структур с юрскими битуминозными породами (Донгузсырт и др.), приуроченных к Репетекскому разлому, указывает на потенциальную возможность нахождения нефте- и газопроявлений (Геология СССР, 1972).

Приамударьинский район (*11*) совпадает с одноименной барханной полосой, расположенной на второй террасе Амударьи. Бедная в видовом отношении и разреженная псаммофитная растительность, глубоко пересеченный рельеф, а также практически полное отсутствие почвенных образований делают эту территорию непригодной ни для земледелия, ни для скотоводства.

Со строительством Каракумского канала стало возможным развитие хозяйства в зоне его влияния в новых аспектах, открылись новые пути хозяйственного использования этой территории. Большие резервы пахотопригодных земель делают рассматриваемый регион одним из перспективных и для расширения посевных площадей под хлопчатник. Влияние орошения на природные условия еще не стало здесь сильно ощутимым. Тем не менее опережающее развитие дренажных систем на всех осваиваемых площадях является непременным условием успешного использования земельных фондов.

СУБАЭРАЛЬНЫЕ ДЕЛЬТЫ МУРГАБА И ТЕДЖЕНА

На территории субаэральных дельт Мургаба и Теджена крупные центры орошаемого земледелия существовали в течение нескольких тысячелетий. Поэтому в отличие от предыдущих районов строительство Каракумского канала не привело к формированию в их пределах принципиально новых, ранее здесь отсутствовавших природных и природно-антропогенных комплексов, хотя в хозяйстве, в том числе и ирригационном, произошли весьма существенные изменения.

Дельта Мургаба

Субаэральная дельта Мургаба занимает территорию, превышающую 30 тыс. *км*^{2}. Бóльшая часть ее перекрыта толщей навеянных песков, и для земледельческого освоения без применения особо сложных мелио-

раций пригодна только ее свободная от песков южная часть площадью около 5 тыс. *км*². Собственно Мургабский оазис располагается в пределах этой части дельты и на него приходится примерно 4 тыс. *км*². В 1970 г. в оазисе орошалось более 200 тыс. *га* (почти треть орошаемых земель Туркмении), при этом примерно 75% было занято под посевы тонковолокнистых сортов хлопчатника.

На значительной части этой территории в течение длительного времени развивалось интенсивное поливное земледелие, в результате чего сформировался антропогенный ландшафт. Поэтому происходящие под влиянием канала изменения природной среды выявить здесь значительно труднее, чем в районах, расположенных восточнее; внешне одинаковые последствия обусловлены в дельте не только воздействием канала, но и длительно развивавшимся орошаемым земледелием. Таким образом, в задачу исследований, проводимых в дельте Мургаба, входит не только изучение основных изменений, произошедших в природе под влиянием этих двух факторов, но и их дифференциация.

История земледельческого освоения

Мургабский оазис на протяжении тысячелетий был одним из центров земледельческой культуры Средней Азии. Освоение дельты Мургаба началось в середине II тысячелетия до н. э. (Массон, 1959). В это время земледельческая культура была развита еще примитивно, и орошение носило преимущественно лиманный характер (Минашина, 1969). Поэтому очаги древнего земледелия располагались в хвостовой части дельты, где под орошение использовались обширные межгрусловые понижения, заливаемые паводковыми водами, а также небольшие участки в пойме Мургаба.

В дальнейшем, по мере развития ирригационной техники, очаги земледелия стали перемещаться из хвостовой части дельты в центральную, а затем в головную, где можно было создать орошение с более высокой водообеспеченностью. Интенсивное использование для целей орошения верховьев дельты привело к полному разбору стока Мургаба, в результате чего ее хвостовая часть осталась без воды и все более опустынивалась.

После введения в практику орошения подпорных сооружений процесс освоения стал настолько интенсивным, что к началу VIII в. почти весь оазис был в ирригационном отношении освоен. Однако коэффициент земельного использования все же не превышал 0,2—0,3 даже в наиболее густо заселенных районах. Осваивались отдельные наиболее удобные массивы, которые со временем по тем или иным причинам забрасывались. Таким образом, в процессе земледельческого освоения заметно возрастала площадь обарыченных земель, а площадь орошаемых земель оставалась примерно постоянной. Выращивались зерновые (ячмень, пшеница), бахчевые, виноград, плодовые и овощные культуры.

В эпоху татаро-монгольского нашествия (первая половина XIII в.) ирригационные системы были почти полностью разрушены. В течение последующих столетий ирригация Мургабского оазиса находилась в упадке.

Положение изменилось только в XIX в. — началось строительство ирригационных систем, однако подпорные сооружения были еще земляными или фашинно-хворостяными, преобладал параллелизм каналов. Исключение составляло «Государево имение», располагавшееся на территории современного Байрам-Алийского района, в котором оросительная система была построена на высоком техническом уровне, даже с применением закрытого дренажа. Во второй половине XIX в. в оазисе начали возделывать хлопчатник, и занятая им площадь постепенно увеличивалась.

Таблица 32

Площадь орошаемых земель в Мургабском оазисе, тыс. *га*

Год	Общая	Под хлопчатником
1882	49,9	—
1898	73,0	9,5
1928	90,7	45,8
1940	100,6	49,7
1950	82,4	48,1
1965	144,2	89,6
1970	219,6	159,2

Таблица 33

Увеличение протяженности коллекторно-дренажной сети, *км*

Год	Протяженность, *км*	Год	Протяженность, *км*
1962	243	1967	1524
1963	416	1968	1818
1964	641	1969	2216
1965	898	1970	2646
1966	1192	1971	3043

За годы Советской власти была проведена полная реконструкция старой ирригационной сети и построено много новых каналов. Переустройство ирригационных систем вдвое сократило количество самостоятельных водозаборов из реки, при этом протяженность межхозяйственных распределительных каналов значительно уменьшилась при увеличении площади орошаемых земель.

До строительства Каракумского канала единственным источником водоснабжения Мургабского оазиса являлся Мургаб. Годовой сток его зарегулирован каскадом из девяти водохранилищ, построенных в различные годы. В случае строительства еще одного водохранилища и реконструкции существующих появится возможность многолетнего регулирования стока Мургаба.

Каракумский канал существенно улучшил водообеспеченность Мургабского оазиса и позволил вовлечь в сельскохозяйственный оборот обширные площади новых земель (табл. 32).

В 1961 г. в оазисе началось широкое строительство коллекторно-дренажной сети. До этого дренаж существовал только на территории «Государева имения», а единственной дреной была долина Джар, сток по ней не превышал нескольких десятков литров в секунду. В настоящее время все коллекторные системы подключаются к Джарскому сбросу, руслу Джар и коллектору Кесе-Яб. По ним дренажные воды отводятся за пределы оазиса. За год в строй вводится около 300—400 *км* дрен (табл. 33).

Характеристика геологического строения, рельефа и подземных вод

Особенности геологического строения, рельефа и подземных вод дельты Мургаба в пределах Мургабского оазиса определяются не только природными факторами, но и деятельностью человека. На орошаемой или орошавшейся территории верхний горизонт четвертичной толщи сложен комплексом специфических агроирригационных отложений; многие формы рельефа образовались в результате ирригационного освоения территории; существенно трансформирован режим и характер грунтовых вод.

Геологическое строение и рельеф. Четвертичные отложения дельты разделяются на три свиты.

Нижняя, сопоставляемая с каракумской, датируется ранним и средним плейстоценом. Ее равномерно переслаивающиеся пласты глин и песков, толща которых достигает 3—10 *м*, не выходят на поверхность.

Средняя свита — султанбендская — имеет позднечетвертичный возраст. Ее слагают мелко- и тонкозернистые, плохо сортированные, косослоистые, слабо уплотненные пески с линзами известковистых глин и

гальки. Мощность свиты, равная в центральной части дельты 90 *м*, к периферии уменьшается.

Отложения верхней свиты — иолотанской, формирующие современную дельту Мургаба и имеющие максимальную мощность около 50 *м*, с размывом залегают на султанбендской. Нижние горизонты представлены серовато-желтыми мелкозернистыми неслоистыми песками с редкими маломощными (до 0,1—0,2 *м*) прослоями глин. Выше залегает толща буровато-серых песчанистых глин, светло-желтых мелкозернистых песков и пылеватых супесей и суглинков. Их прослои непостоянны по мощности и простиранию.

Иолотанская свита перекрыта комплексом самых молодых отложений — агроирригационных, формирование которых связано с орошаемым земледелием, что и объясняет их главные особенности (Минашина, 1965, 1969; и др.). Как указывает Н. Г. Минашина (1969), формирование этого горизонта начинается уже при подготовке территории для орошения. Первичные планировки и перепланировки полей нарушают естественное залегание грунта, перемешивая его. При поливе на поля поступает суглинисто-глинистый материал, который фракционно откладывается по ирригационному склону. Крупные песчаные частицы оседают еще в оросительной сети. В результате агроирригационным отложениям свойственны большая пестрота и более тяжелый механический состав по сравнению с естественными аллювиально-дельтовыми. Распределение и концентрация литологических разностей обусловливают своеобразие минералогического состава этой толщи. Такие отложения (мощностью в центральной части Мургабского оазиса до 6 *м*) можно рассматривать как самостоятельное геологическое образование, отличное от подстилающих пород иолотанской свиты.

В настоящее время двучленное разделение дельты по рельефу и возрасту, впервые предложенное И. П. Герасимовым (1940), общепризнано. Выделяются современная иолотанская и позднечетвертичная султанбендская дельты; некоторые исследователи выделяют в пределах иолотанской дельты ее более высокую часть — байрамалийскую дельту, расположенную на правом берегу Мургаба (Амурский, 1960). Султанбендская дельта имеет типичный для песчаных пустынь грядовый и барханно-грядовый рельеф с высотой гряд у границы с иолотанской дельтой до 5—7 *м*.

Мургабский оазис целиком расположен в пределах современной иолотанской дельты Мургаба, которая представляет собой пологовыпуклый конус. Его северная и северо-западная окраины широкими лопастями глубоко вдаются в пески. Существование этих лопастей обусловлено перемещением русла Мургаба с востока на запад. Абсолютные отметки дельты уменьшаются с 260 до 200 *м* от вершины в районе Иолотани к северу и северо-западу. В пределах дельты располагаются лишь отдельные массивы навеянных песков, и она представляет собой почти идеальную равнину (уклон поверхности равен 0,001—0,005).

Широко распространенные в Мургабском оазисе валы, ирригационные каналы и коллекторы имеют в большинстве случаев антропогенное происхождение. Некоторые из них, например, каналы Султан-Яб, Хурмуз-Фаре, коллекторы Джар и Кесе-Яб, представляют собой расчищенные, иногда спрямленные протоки Мургаба. Эти русла имели в свое время небольшие прирусловые повышения, характерные для многих равнинных рек Средней Азии. В процессе очистки и реконструкции каналов прирусловые повышения увеличились.

У древних каналов форма валов и план их расположения зависят как от природных факторов (строения протоков Мургаба, их гидрологического режима, процесса аккумуляции, интенсивности смыва и развевания), так и от антропогенных (типа ирригационных систем и продолжительности их существования).

Валы имеют протяженность до нескольких десятков километров и ширину по верху от полуметра до нескольких десятков метров. В основании их ширина достигает 300—500 *м*. Уклоны в поперечном профиле колеблются от 0,2 до 0,001, в продольном — от 0,001 до 0,0005. Располагающиеся между валами неглубокие котловины имеют пологие склоны (уклоны — 0,003—0,001) и почти плоские днища, размеры которых зависят от густоты ирригационной сети и могут доходить до 1—3 *км*². Эти понижения большей частью замкнуты, но иногда они открыты, обычно в сторону преобладающего уклона местности. На днищах некоторых понижений ранней весной образуются неглубокие соленые озера.

Первичный аллювиально-дельтовый рельеф сохранился лишь на северо-западной окраине иолотанской дельты. Здесь наблюдаются невысокие (до 1 *м*) распластанные валы и неглубокие межрусловые понижения, обычно открытые к северу. Ирригационный рельеф наиболее четко выражен в центральных и южных районах, где валы имеют максимальные высоты, а межканальные понижения в основном замкнуты.

Своеобразные формы рельефа представляют собой остатки древних поселений и крепостей-депе. Они часто встречаются в центральной части оазиса. Это небольшие, обычно плосковершинные холмы высотой до 6 *м*.

Наиболее крупными эрозионными образованиями иолотанской дельты являются долина Мургаба и русло Джар. Долина Мургаба, протягивающаяся в северо-западном направлении, имеет вблизи г. Иолотань обрывистые берега высотой до 15 *м* и плоское днище шириной более 100 *м*, по которому меандрирует русло. Ниже Каушутбентского водохранилища до района г. Мары глубина вреза уменьшается до 2,5—3 *м*, а ширина днища долины — до 30—60 *м* при ширине русла 20—30 *м*. Еще ниже по течению, в 25—30 *км* от г. Мары, русло начинает разбиваться на протоки, которые довольно быстро теряются в песках. В настоящее время гидротехническое строительство в долине Мургаба и регулирование стока изменили природный облик долины и естественный гидрологический режим реки.

Русло Джар начинается около железной дороги, почти посередине между Байрам-Али и Мары. На протяжении первых 10—12 *км* оно имеет меридиональное направление, затем постепенно изменяющееся на северо-западное. Глубина вреза русла достигает в верховьях 6—8 *м*, ширина днища — 60—70 *м*, борта его отвесные. Постепенно глубина вреза уменьшается до 1—2 *м*, ширина днища увеличивается до 100—200 *м*. Примерно в 50—55 *км* от железной дороги русло теряется в песках.

Вдоль бортов долины Мургаба и русла Джар встречаются овраги. Молодые овраги врезаны до 3—4 *м* и имеют вертикальные стенки. Ширина их плоских днищ в устье доходит до 40—50 *м*. Начальной формой оврага являются промоины, иногда одиночные, иногда расположенные группами. Промоины встречаются также вдоль коллекторов. В полосе шириной до 150—200 *м* вдоль долины Мургаба и русла Джар развиты суффозионные воронки диаметром до 1—1,5 *м*. Они часто расположены линейно — вдоль трещин, по которым происходит вынос материала. Цепь таких воронок иногда может развиваться в овраг или промоину. Широкие лощины глубиной до 1—2 *м* с мягко очерченными склонами обычно начинаются в прирусловых понижениях или на приканальных валах и оканчиваются в центральной части прирусловой депрессии, плавно сливаясь со склонами.

Подземные воды. Верхний горизонт подземных вод имеет свободную поверхность. Он залегает в неогеновых и четвертичных отложениях, подстилаемых глинистой толщей.

Из всех отложений, слагающих водовмещающую толщу, более песчанистыми и соответственно лучше водопроницаемыми являются осадки султанбендской свиты и нижней пачки иолотанской (коэффициент фильтрации — 1,5—3 *м/сут*). Казганчайские и елчилекские слои характери-

зуются более низкими фильтрационными свойствами (коэффициент фильтрации — 0,5—1 *м/сут*). Поэтому Н. В. Роговская (1959) и ряд других исследователей считают, что отложения казганчайской свиты могут играть роль относительного водоупора.

Однако изучение режима грунтовых вод указывает на тесную гидродинамическую связь вод неогеновых и четвертичных отложений и на довольно интенсивное движение водносолевых масс под ирригационными каналами в неогеновых отложениях. Это следует учитывать при проектировании мелиоративных мероприятий, поскольку нарушения в естественном грунтовом потоке затрагивают большие массы вод высокой минерализации, заключенные в отложениях неогена.

Питание грунтовых вод происходит за счет фильтрационных вод Мургаба, ирригационных систем и орошаемых полей, а с 1958 г. — также за счет Каракумского канала и в меньшей степени — атмосферных осадков. Областью питания является вся дельта.

В Мургабском оазисе, по данным метеостанции Мары, в год выпадает в среднем 160 *мм* осадков, что составляет в расчете на всю его площадь 0,64 $км^3$ в год, а за 12 лет — около 7,7 $км^3$. За 12 лет (1959—1970 гг.), по данным Б. Т. Кирсты, из Мургаба и Каракумского канала в оазис поступило 32,4 $км^3$ воды. Таким образом, в совокупности количество поступивших за 12 лет в оазис поверхностных вод равно 40,1 $км^3$, а среднее многолетнее составляет 3,3 $км^3$.

Подземный сток за пределы оазиса невелик, приблизительно 0,01 $км^3$ в год. Аридность климата и неглубокое залегание грунтовых вод способствуют тому, что основная масса поступающей в оазис воды расходуется на испарение. Средняя годовая величина его за расчетный период, вычисленная по данным лизиметрических наблюдений, составляет 1,92 $км^3$ с орошаемых массивов, а с перелогов — 0,64 $км^3$ в год [1]. С 1962 г., когда начала действовать коллекторно-дренажная сеть, количество отводимой ею воды возросло к 1970 г. с 0,1 до 0,3 $км^3$ в год. Таким образом, расход составляет в среднем 2,66 $км^3$ в год, и приход превышает его на 0,64 $км^3$. Излишки поступающей воды приводят к непрерывному подъему уровня грунтовых вод, что четко фиксируется по отдельным скважинам и по всему оазису.

Исходя из имеющихся данных по изменению размеров площадей с различной глубиной залегания грунтовых вод, мы рассчитали объем грунтовых вод, аккумулированных в Мургабском оазисе за 12 лет (1959—1970 гг.). Полученная величина в 0,53 $км^3$ (коэффициент пористости грунтов был принят равным 0,35) близка к величине (0,64 $км^3$), вычисленной при расчете осредненного водного баланса.

Схема строения гидрорельефа в пределах Мургабского оазиса довольно проста. Грунтовые воды залегают в виде бугра, вытянутого вдоль долины Мургаба. Поток грунтовых вод радиально расходится от вершины дельты, скорости его очень невелики. Глубина залегания грунтовых вод в центральной части дельты колеблется от 0 до 3 *м*, на периферии она увеличивается до 20 *м* и больше. Мезогидрорельеф зависит в первую очередь от особенностей ирригационной сети и режима поливов. О ведущей роли инфильтрации поливных вод в формировании мезогидрорельефа свидетельствует образование локальных бугров под орошаемыми полями. На участках нового орошения скорость подъема уровня грунтовых вод достигает 1 *м* в год.

Наименьшая глубина залегания грунтовых вод фиксируется в районах с высоким коэффициентом земельного использования и наиболее густой ирригационной сетью. Характерным примером подъема уровня грунтовых вод в результате избыточного питания является бугор в районе

---

[1] Испарение принималось равным 1200 *мм* с орошаемых полей и 266 *мм* — с перелогов и целинных земель.

г. Мары, образовавшийся еще до 1958 г. вследствие подачи избыточного количества воды на орошение.

Водохранилища, расположенные в пределах дельты, также в некоторой степени определяют особенности гидрорельефа. Это наиболее заметно в период их наибольшего наполнения. В последние годы роль водохранилищ в питании грунтовых вод заметно уменьшилась. Постоянные бугры грунтовых вод формируются под ирригационными каналами. Исключение составляют лишь небольшие участки в головах некоторых из них, заглубленные для создания уклона, предохраняющего ложе от размыва. Инфильтрационные потери каналов колеблются в зависимости от уровня воды, по мере заиления они уменьшаются. Из старых каналов потери меньше, чем из новых или реконструированных, так как в старых каналах образовался мощный кольматирующий слой, который при чистках разрушается лишь частично. Плановые коэффициенты полезного действия каналов, получающих воду из Мургаба, — 0,76—0,77, внутрихозяйственной сети — 0,67—0,75, и только для некоторых каналов, получающих воду из Каракумского канала, они приняты равными 0,89—1.

Существование мезогидрорельефа определяет наличие локальных потоков грунтовых вод. В районах древнего орошения, где четко выражен ирригационный рельеф, а грунтовые воды лежат неглубоко, широко распространен своеобразный тип грунтового потока, который может быть назван ирригационно-грунтовым. Фильтрация из каналов, ложе которых приподнято над окружающей поверхностью на 1—3 *м*, формирует поток, направленный вниз по склону приканального повышения. В этом же направлении уменьшается глубина залегания грунтовых вод от 2—2,5 *м* на приканальном повышении до 0—0,5 *м* в центральной части межканального понижения. Интенсивность испарения регулирует направление и скорость этого потока. В том случае, если коллектор или дрена проходят по межканальному понижению, они активизируют ирригационно-грунтовый поток. На землях недавнего орошения, где ирригационный рельеф еще не сформировался, ирригационно-грунтовые потоки начинают образовываться лишь после проведения коллекторов.

Коллекторно-дренажная сеть в настоящее время стала существенным фактором динамики грунтовых вод. Она обусловливает локальное понижение уровня, особенно заметное в районах с их неглубоким залеганием.

После ввода в эксплуатацию Каракумского канала в гидрогеологической обстановке Мургабского оазиса произошли весьма заметные изменения. Наиболее существенным явилось формирование бугров грунтовых вод вдоль Каракумского и новых распределительных каналов. В районах нового орошения и на участках, обводненность которых возросла, уровень грунтовых вод значительно повысился, а в зонах с коллекторно-дренажной сетью понизился.

Наблюдения показывают, что рост бугра грунтовых вод под руслом Каракумского канала начался сразу после пуска воды. Затем установилось равновесие, фильтрация из канала компенсировалась подземным оттоком, и уровень грунтовых вод стабилизировался. О. Ниязов (1965а) считает, что стабилизация практически наступает к концу четырехлетнего периода эксплуатации в полосе до 500 *м*. При этом скважины, наиболее удаленные от канала, все еще фиксируют подъем уровня. Ширина фильтрационного растекания не превышает 100 *м*, а зона гидростатического влияния достигает 6—8 *км*. При этом по мере удаления от канала скорость передачи давления уменьшается. В скважинах, удаленных от канала на расстояние более 1 *км*, она запаздывает на год и более, а в скважинах, расположенных в непосредственной близости от канала, давление распространяется немедленно.

Резкое повышение уровня грунтовых вод в районах нового орошения и усиленного обводнения можно видеть из табл. 34.

Таблица 34

Изменение площадей с различной глубиной залегания грунтовых вод, $км^2$

Год	Глубина залегания грунтовых вод, *м*					
	<1	1—3	3—5	5—10	10—20	>20
1948	—	604	1305	816	558	721
1958	83	996	755	830	568	772
1964	527	1191	844	774	324	344
1968	572	990	950	708	644	140
1970	362	1366	1124	580	532	40
1971	344	1478	1036	662	436	48

За последние годы в результате строительства коллекторно-дренажной сети площади с глубиной залегания грунтовых вод меньше 1 *м* заметно сократились.

Количество солей, содержащихся в грунтовых водах Мургабского оазиса, значительно. По расчетам Н. В. Роговской (Роговская, Морозов, 1964), их запасы в 50-метровой толще превышают 1 млрд. *т*. Наряду с пресными встречаются воды с содержанием солей до 50 *г/л* и больше. Характер засоления при содержании солей до 23—30 *г/л* сульфатно-натриевый, при возрастании минерализации он переходит в хлоридно-сульфатный и хлоридно-натриевый. Содовый тип минерализации грунтовых вод для Мургабского оазиса не характерен.

Грунтовым водам оазиса свойственна большая пестрота минерализации, обусловленная в первую очередь особенностями питания и разгрузки. Так, под влиянием инфильтрации поверхностных вод малой минерализации в верхней части грунтового водоносного комплекса формируются пресные и солоноватые ирригационно-грунтовые воды. Как правило, пресные, реже слабосолоноватые, воды в виде подканальных линз образуются под постояннно действующими магистральными ирригационными каналами. Мощность подканальных линз зависит от строения ложа канала, глубины залегания грунтовых вод, объема и состава твердого стока, а также от режима, работы канала, его размеров и т. п. Например, мощность линзы пресных вод под магистральным каналом Султан-Яб в районе пос. Туркмен-Кала достигает 150 *м*.

Под орошаемыми полями, где в течение года инфильтрация поливных вод неоднократно сменяется испарением, причем первая количественно преобладает (промывной режим в зоне аэрации), ирригационно-грунтовые воды имеют минерализацию до 5, реже до 7 *г/л*. Мощность зоны опреснения под полями обычно не превышает 20—25 *м*. На хорошо дренированных участках минерализация достигает 1—3 *г/л* и мощность зоны опреснения весьма значительна — примерно 30 *м*. На неорошаемых участках, в пределы которых с поливных территорий оттесняются собственно грунтовые воды довольно высокой минерализации (более 10 *г/л*), а в водном балансе значительно преобладает испарение, грунтовые воды, особенно в верхней части разреза водоносной толщи, засолены до консистенции слабых рассолов — до 30—50 *г/л*, а по данным Н. Г. Минашиной (1965) — до 80—100 *г/л*.

До строительства Каракумского канала наибольшей густотой ирригационной сети и высоким коэффициентом земельного использования отличались центральная и северо-западная части оазиса. Здесь же наблюдалась и наибольшая пестрота минерализации грунтовых вод. По мере приближения к периферии оазиса густота ирригационной сети уменьшалась, и площадь неорошаемых территорий увеличивалась, а грунтовые воды приобретали высокую минерализацию. Проводимые в Мургабском оазисе с 1948 г. наблюдения за режимом грунтовых вод по-

казывают, что процесс их опреснения под ирригационными каналами и орошаемыми полями происходит почти непрерывно, и минерализация ирригационно-грунтовых вод подканальных линз за период 1948—1958 гг. уменьшилась с 0,8—1,2 до 0,6—0,8 *г/л*.

С введением в строй Каракумского канала и увеличением подачи воды в оазис почти все магистральные ирригационные каналы были расширены и углублены, в результате чего их кольматирующий слой был нарушен и размеры подканальных линз стали увеличиваться. Под новыми каналами на общем фоне высокого засоления сформировались подканальные линзы пресных и слабосолоноватых вод. Под орошаемыми полями в первые годы после пуска Каракумского канала минерализация ирригационно-грунтовых вод в верхней части разреза начала возрастать в результате оттеснения солей инфильтрационными водами из почвенных растворов в водовмещающую толщу. Но затем, после промывки, она стала уменьшаться и снизилась до 3—5, реже до 1—3 *г/л*.

Своеобразие минерализации грунтовых вод в центральной части Мургабского оазиса обусловливается также широким развитием ирригационно-грунтовых потоков. В зависимости от характера ирригационного рельефа на протяжении 150—300 *м* от канала минерализация грунтовых вод изменяется в 20—30 раз. Под каналом развиты грунтовые воды малой минерализации — до 1, реже до 2—3 *г/л*. С удалением от канала их минерализация увеличивается за счет испарения и в нижней части ирригационного склона достигает 15—20 *г/л*, а в межканальной депрессии — 30 *г/л* и более (рис. 14). В таком же направлении происходит увеличение засоленности почво-грунтов зоны аэрации — от незасоленных на приканальных повышениях до солончаков в межканальных депрессиях.

Коллекторно-дренажная сеть, которая прокладывается в основном по межканальным депрессиям, активизирует ирригационно-грунтовые потоки. При этом происходит не только понижение уровня грунтовых вод, но и опреснение как самой депрессии, так и ирригационного склона.

Основным источником поступления солей в оазис ранее являлся Мургаб. Его воды приносят в пределы оазиса в среднем 740 тыс. *т* солей в год (расчеты Г. М. Топалова). Около 23—35% их выносится, по данным О. Г. Горбуновой (1958) и Н. В. Роговской (1959), подземным стоком. Таким образом, при отсутствии искусственного дренажа вынос солей за пределы оазиса достигал 170—260 тыс. *т*, а около 500—570 тыс. *т* оставалось в его грунтовых водах. Этим объяснялась их высокая и все возраставшая минерализация. Несмотря на интенсивное засоление грунтовых вод, а следовательно, и почв, орошаемое земледелие могло поддерживаться на стабильном уровне вследствие низкого коэффициента земельного использования. При переложной системе земледелия межканальные понижения служили «фитилями», оттягивающими соли с орошаемых участков, расположенных на ирригационных склонах.

Заметный фактор изменения солевого режима Мургабского оазиса — это поступление из Каракумского канала пресных (0,2—0,7 *г/л*) вод. Хотя увеличение их подачи привело к снижению минерализации грунтовых вод, оно одновременно обусловило поверхностное засоление почво-грунтов. Это объясняется тем, что подъем грунтовых вод до критического уровня на больших площадях привел к смыканию горизонтов поверхностных и грунтовых вод. В результате возник активный вертикальный солеобмен. Рассолы из глубинных горизонтов подтягиваются к поверхности, засоляя обширные площади.

После ввода в эксплуатацию Каракумского канала и строительства коллекторно-дренажной сети солевой баланс Мургабского оазиса существенно изменился. Так, за период с 1964 по 1966 г. в оазис поступило с водой Мургаба и Каракумского канала около 4—4,5 млн. *т* солей. Естественный отток солей за это время составил не меньше 1 млн. *т*, а коллекторно-дренажной сетью, протяженность которой достигала к 1966 г.

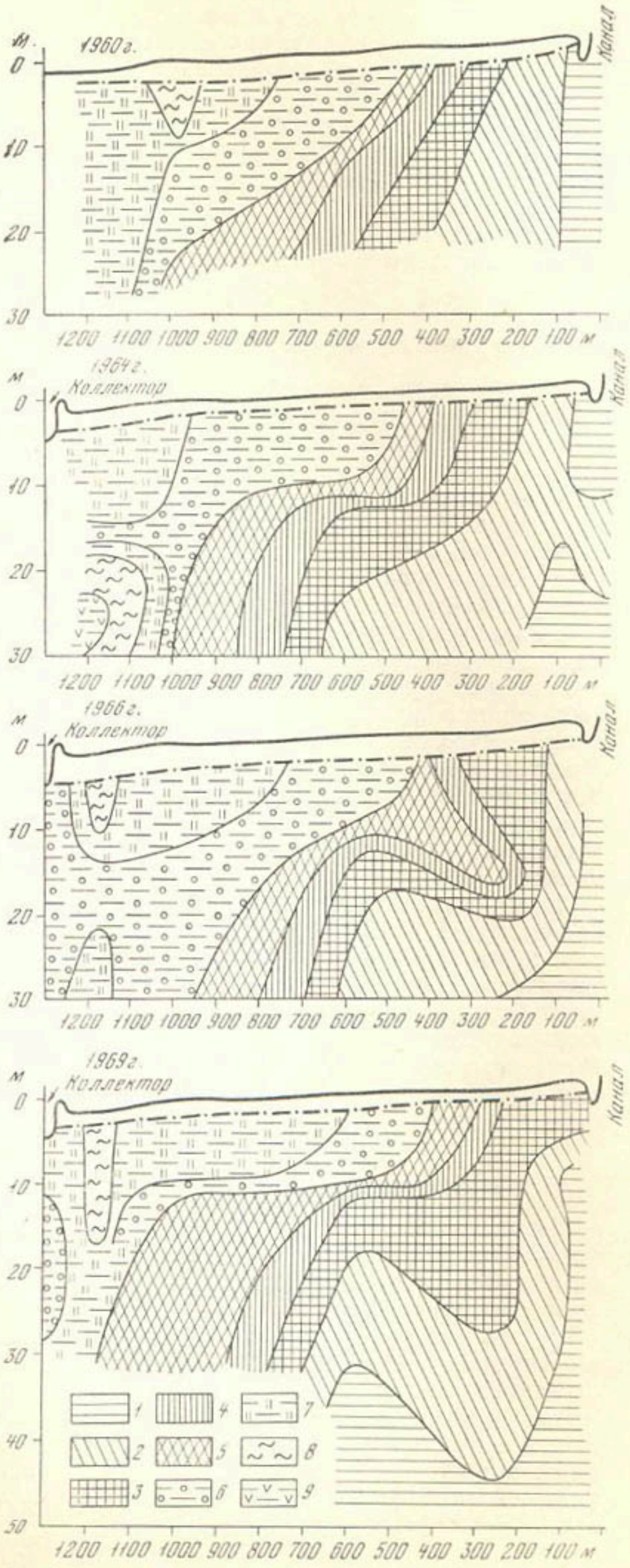


Рис. 14. Минерализация грунтовых вод после проведения коллектора на территории Марыйской опытной станции, *г/л*

1 — до 1;
2 — 1—3;
3 — 3—5;
4 — 5—7;
5 — 7—10;
6 — 10—15;
7 — 15—20;
8 — 20—30;
9 — >30

1192 *км*, было отведено за пределы оазиса 5,5 млн. *т*. Из приведенных подсчетов следует, что уже в этот период сформировался отрицательный солевой баланс и дефицит солей составил около 2 млн. *т*, т. е. начался процесс выноса ранее накопившихся солей. В результате, по данным Л. М. Гринберга (1967), в значительной части оазиса минерализация грунтовых вод уменьшилась в среднем с 35 *г/л* в 1958 г. до 9 *г/л* в 1966 г. К 1970 г. протяженность коллекторно-дренажной сети превысила 2600 *км* при площади орошения в 220 тыс. *га*, т. е. удельная протяженность ее возросла почти до 12 *пог. м./га*. В последующие годы в связи с продолжающимся строительством коллекторно-дренажной сети происходило дальнейшее рассоление грунтовых вод и почв Мургабского оазиса.

Природные комплексы

На территории субаэральной дельты Мургаба развит единый природный комплекс — песчано-супесчано-суглинистая пустыня. До начала интенсивного хозяйственного освоения эта территория представляла собой сочетание песчаных участков (занимавших больше половины площади) и супесчано-суглинистых (такыров). В условиях продолжительного интенсивного сельскохозяйственного использования в центральной части дельты сложился, как уже указывалось, антропогенный ландшафт. О степени антропогенного воздействия можно судить по коэффициенту земельного использования, достигающему 0,8.

Для ландшафта Мургабского оазиса типична наблюдающаяся на фоне общей выровненности территории за счет планировки орошаемых полей локальная расчлененность, вызванная нарезкой каналов ирригационной и коллекторно-дренажной сети. Высокая водообеспеченность обусловила неглубокое залегание или быстрый подъем уровня грунтовых вод, в результате процесс засоления почв интенсифицировался, а их биологическая продуктивность значительно ухудшилась. В последние годы в связи с усиленным строительством коллекторно-дренажной сети начался процесс общего рассоления земель и плодородие почв несколько повысилось.

Мургабский оазис окаймлен барханной и барханно-грядовой песчаной пустыней, в которой встречаются небольшие участки такыров. В северной части пустыни преобладают белосаксаульники с примесью тамарикса, в южной — черкезники (Бабушкин, Когай, 1971). Грунтовые воды сильно минерализованы и залегают глубже 15—20 *м*. Почвы преимущественно пустынно-песчаные. Использование территорий пустынно-песчаного комплекса для орошаемого земледелия требует проведения ряда коренных мелиоративных мероприятий и в настоящее время малоперспективно.

Природно-мелиоративные районы

Интенсивное сельскохозяйственное освоение земель Мургабского оазиса, преобладание на его территории антропогенных типов ландшафта потребовало особого подхода к районированию этого природно-мелиоративного комплекса.

Весьма интересна попытка Н. Г. Минашиной (1965) провести районирование Мургабского оазиса, основываясь на продолжительности сельскохозяйственного использования его отдельных участков, поскольку именно этот фактор при сохранении одного и того же типа хозяйства определяет облик ирригационного ландшафта. Исходя из этого, Г. М. Топалов произвел водохозяйственное районирование этой территории, рассматривая каждую водохозяйственную систему в качестве самостоятельного водохозяйственного района.

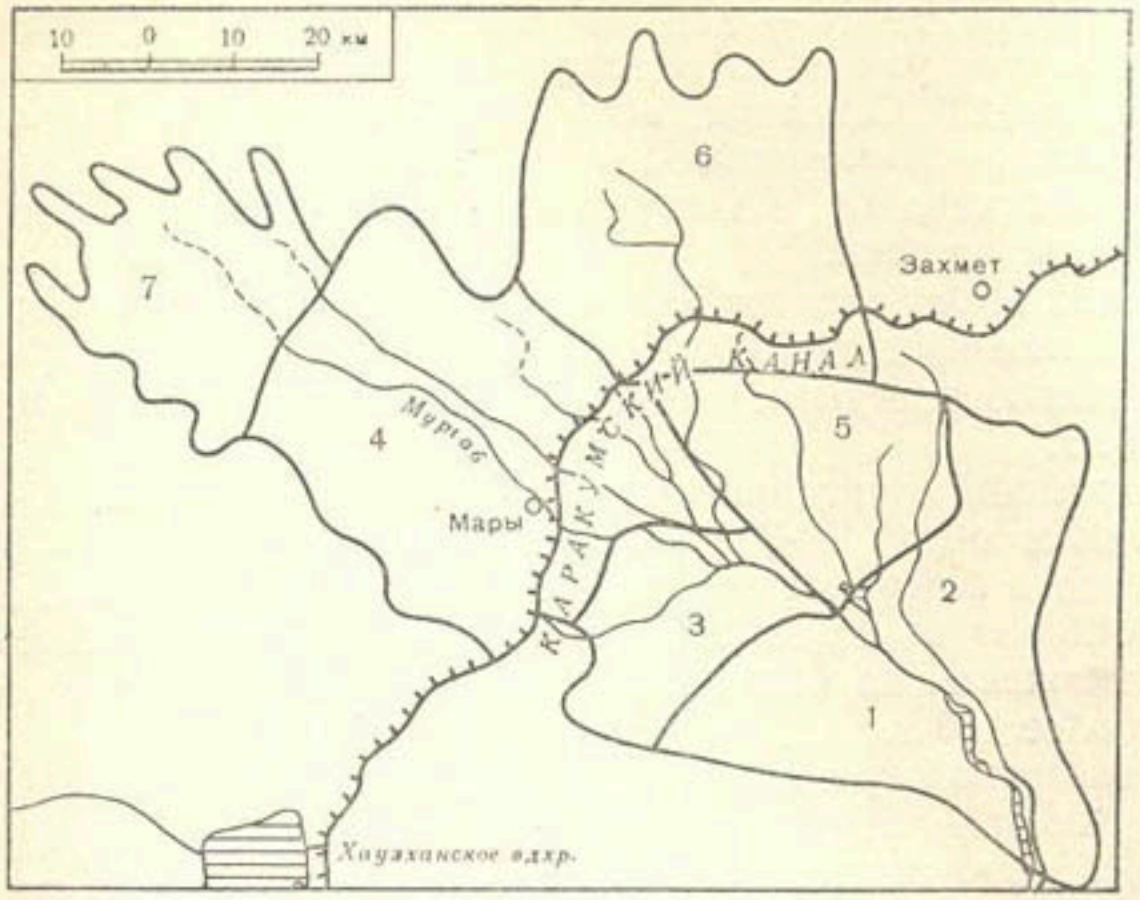


Рис. 15. Природно-мелиоративные районы Мургабского оазиса

Районы: *1* — Иолотанский; *2* — Туркмен-Калинский; *3* — Мургабский; *4* — Марыйский; *5* — Южно-Байрам-Алийский; *6* — Северо-Байрам-Алийский; *7* — Нижнемургабский

Границы водохозяйственных районов Г. М. Топалова в основном совпадают с границами районов, предложенными Н. Г. Минашиной (1965). Это объясняется тем, что ирригационные системы, складывавшиеся в течение нескольких тысячелетий, были приурочены к регионам с определенным комплексом природных условий. Например, очередность освоения земель, тип хозяйства и водохозяйственной системы, а в ряде случаев и продолжительность освоения определялись положением региона в той или иной части дельты (хвостовой, центральной, головной). В свою очередь, тип водохозяйственной системы и характер хозяйства играли ведущую роль в формировании облика территории. Выделенные Г. М. Топаловым районы по существу являются природно-мелиоративными. Современное административное деление территории Мургабского оазиса в основных чертах совпадает с природно-мелиоративным, так как границы административных районов проводились с учетом размещения водохозяйственных систем. Поэтому в большинстве случаев за природно-мелиоративными районами сохранено название тех административных районов, в пределах которых они располагаются.

Территорию Мургабского оазиса можно разделить на семь природно-мелиоративных районов, которые рассматриваются ниже (рис. 15). Их границы по сравнению с границами водохозяйственных районов несколько уточнены с учетом материалов новейших исследований.

Иолотанский район (см. рис. 15, *1*) общей площадью в 38,4 тыс. *га* расположен на левобережье Мургаба в головной части дельты. Поскольку освоение земель под орошаемое земледелие в этом районе требовало более высокой техники ирригации, то и началось оно сравнительно поздно — 1,5—2 тыс. лет назад (Минашина, 1965). Судя по характеру и густоте древней ирригационной сети эти земли использовались довольно интенсивно. После татаро-монгольского нашествия они некоторое время пустовали, а затем постепенно начали вновь осваиваться, однако уже не столь широко, как раньше; коэффициент земельного использования не поднимался выше 0,1—0,2.

После ввода в эксплуатацию Каракумского канала начался новый этап сельскохозяйственного освоения района. К 1970 г. водоподача достигла 215 млн. $м^3$, орошаемая площадь — 18,8 тыс. *га* [1], коэффициент

[1] Включая площадь в долине Мургаба выше дельты.

полезного использования — 0,5. На бóльшую часть территории района воды Мургаба поступают из водохранилища Солтанбент по каналам Хан-Яб и Сухты-Яб. Северная часть района обводняется каналом Аман-Хан-Яб. Земли, расположенные вблизи долины Мургаба, орошаются за счет небольших каналов, в которые вода с помощью насосов поступает непосредственно из реки.

В пределах Иолотанского района хорошо развит горизонт агроирригационных отложений, мощность которых доходит до 1—1,5 *м*. Они подстилаются тонкозернистыми песками с прослоями суглинков и глин иолотанской свиты.

Рельеф района ирригационный. Для него характерно наличие крупных валов высотой до 2—3 *м* и шириной в основании 200—300 *м*, протягивающихся в северо-западном и западном направлениях. Более мелкие валы отходят от основных под прямым углом, разбивая межканальные понижения на отдельные замкнутые плоские депрессии шириной редко более 100 *м*.

Вдоль восточной границы района протягивается долина Мургаба с четко выраженной поймой, хорошо предохраняющей борта долины от размыва, особенно там, где она покрыта тугаями. Однако на тех участках, где река подходит вплотную к коренному берегу, часто, особенно в паводок, берег обрушивается. Вблизи западной границы района, где сохранились останцы султанбендской дельты, сложенные песками, иногда можно встретить барханы, гряды, бугры.

Почвенный покров довольно однообразен: преобладают древнеорошаемые такыровидные почвы. В узкой полосе (до 15—20 *м*) вдоль каналов распространены песчаные разности — супесчано-суглинистые на ирригационных склонах и тяжелые глинистые в межканальных понижениях. Почвы, как правило, не засолены. Повышенное содержание солей наблюдается только в поверхностном слое межканальных понижений. Слабая засоленность, а также высокие агрохимические показатели почв говорят о больших возможностях для интенсификации сельскохозяйственного производства в этом районе.

Грунтовые воды до ввода в эксплуатацию Каракумского канала залегали в основном на глубине более 3 *м*, только вблизи долины Мургаба глубина их залегания была небольшой. Существовал один общий поток грунтовых вод, направленный от реки к окраинам района. В этом же направлении возрастала минерализация грунтовых вод. Там, где проходили магистральные каналы, минерализация уменьшалась. Несмотря на существование хорошо выраженного ирригационного рельефа и наличие значительных площадей с близким залеганием грунтовых вод, ирригационно-грунтовые потоки еще не сформировались. После ввода в эксплуатацию Каракумского канала и увеличения обводненности уровень грунтовых вод заметно поднялся на всей площади. В настоящее время почти на $^1/_3$ территории района глубина его залегания близка к критической.

Строительство коллекторно-дренажной сети, которая начала действовать с 1966 г., несколько улучшило мелиоративное состояние района. Однако по данным на 1971 г. удельная протяженность этой сети составила всего 5 *пог. м* на 1 *га* орошаемой площади, что явно недостаточно. Поскольку в ближайшие годы предполагается значительное расширение орошаемых площадей и, следовательно, увеличение водоподачи, на территории района необходимо более интенсивно вести строительство коллекторно-дренажной сети.

Туркмен-Калинский район (2) общей площадью в 51,2 тыс. *га* расположен на правом берегу Мургаба. Бóльшая часть его территории начала орошаться менее 600 лет назад (Минашина, 1965). До татаро-монгольского нашествия для земледелия использовались небольшие участки, расположенные вблизи долины Мургаба и вдоль канала Солтанбент

(Массон, 1959), который, очевидно, представляет собой древнюю протоку Мургаба. В позднее средневековье предпринимались попытки сооружения новых каналов, но они не всегда оканчивались успехом, так как уровень воды в них оказывался слишком низким для самотечного орошения. Местами применялось чигирное орошение. В конце прошлого столетия была реконструирована Султан-Ябская ирригационная система, построены новые каналы, а также Солтанбентское, Иолотанское и Гиндукушское водохранилища.

В XX в. орошаемые площади значительно увеличились, и за годы Советской власти коэффициент земельного использования в южной части района достиг 0,7—0,8. В настоящее время в районе орошается 25 тыс. *га* земель, а коэффициент земельного использования в целом равен 0,5. В 1965 г. вода из Каракумского канала поступила по Машинному каналу на территорию района. Поэтому только небольшая площадь в южной части его орошается теперь собственно мургабской водой, на остальную часть подаются смешанные воды Мургаба и Каракумского канала. Из Мургаба вода попадает самотеком в канал Султан-Яб через водохранилище Солтанбент, а из Каракумского канала она подается через Машинный канал.

Преобладающая мощность агроирригационных отложений в Туркмен-Калинском районе равна 0,4—0,6 *м*. Они подстилаются иолотанской свитой мощностью до 30 *м* в западной части района и не более 0,5 *м* — в восточной. Рельеф на большей части территории ирригационный. Приканальные повышения имеют высоту до 1—1,5 *м* при ширине в основании 200—250 *м*. У северной границы района ирригационные формы имеют слабое развитие. На его восточной окраине развиты эоловые бугры и гряды. Они часто сложены перевеянными песками султанбендской свиты. Пространства между ними выполнены современными осадками. Эоловые процессы развиты также в северо-восточной части района, где мощность агроирригационных отложений невелика и не предохраняет породы иолотанской свиты от развевания. У юго-западной границы широко развиты промоины и овраги. Один из оврагов был использован для создания Гиндукушского водохранилища.

В районе преобладают два генетических вида почв — лугово-такыровидные и лугово-аллювиальные. Последние развиты вблизи русла Мургаба и в понижениях. На большей части территории почвы ирригационные и отличаются всеми присущими им особенностями. Засоление почв небольшое; лишь в западной части, вдоль водохранилищ, встречаются пятна сильнозасоленных разностей. В межканальных депрессиях развиты солончаки.

Уровень грунтовых вод вблизи долины Мургаба и в южной части района еще до поступления воды из Каракумского канала находился на глубине меньше 5 *м*, а в северной и восточной частях — на глубине от 5 до 20 *м*. Четкая дифференциация района по глубине залегания уровня грунтовых вод обусловила существование потока грунтовых вод, направленного от западной и южной окраин к восточной и северо-восточной — от интенсивно орошаемой части к слабо орошаемой. Этим объясняется высокая минерализация грунтовых вод на севере и востоке района (до 10—25 *г/л*, иногда больше). В его южной части, где грунтовые воды лежат на малой глубине и хорошо выражен ирригационный рельеф, существуют ирригационно-грунтовые потоки. Наибольшее опреснение грунтовых вод наблюдается около водохранилищ и канала Султан-Яб. В межканальных понижениях минерализация грунтовых вод очень высокая — около 30 *г/л*.

С увеличением подачи воды уровень грунтовых вод в северной и восточной частях района повысился. К 1964 г. на $^1/_3$ площади района он находился ближе 3 *м* от поверхности. Строительство коллекторно-дренажной сети, начатое в 1963 г., заметно улучшило мелиоративное со-

стояние района: к 1967 г. площадь с близким залеганием грунтовых вод составила 17%, а к 1970 г. — 6% от его общей площади.

Удельная протяженность коллекторно-дренажной сети в Туркмен-Калинском районе вдвое больше, чем в Иолотанском, при том же коэффициенте земельного использования. Небольшая величина этого коэффициента и благоприятные природные условия позволяют рассчитывать на дальнейшее увеличение орошаемых площадей. Однако для достижения удовлетворительного мелиоративного состояния района необходимо увеличить протяженность коллекторно-дренажной сети по крайней мере в 3 раза.

Мургабский район (*3*) общей площадью в 44 тыс. *га* располагается в центральной части дельты, по обоим берегам Мургаба. Он начал осваиваться, по-видимому, 1,5—2 тыс. лет назад. Развитие земледелия было затруднено ввиду заболоченности территории, о которой свидетельствует широкое распространение погребенных болотных и лугово-болотных почв (Минашина, 1965). В раннее средневековье сельскохозяйственное освоение района стало проводиться более интенсивно. Технический уровень древнего орошения был сравнительно высок, и основные ирригационные системы базировались на подпорных сооружениях.

Во время татаро-монгольского нашествия все ирригационные системы были приведены в негодность. Плотины были разрушены, и речные воды размыли пахотные земли, затопили низко расположенные участки и толща ирригационных отложений перекрылась аллювиальными. В позднее средневековье орошение уже не получило прежнего развития, но наиболее удобные для орошения земли использовались непрерывно. С конца XVIII и до начала XX в. Мургабский район был основным земледельческим районом Мургабского оазиса, коэффициент земельного использования доходил до 0,3—0,5, а в его северо-западной части — даже до 0,7. В 1970 г. площадь орошаемых земель превысила 35 тыс. *га*, а коэффициент земельного использования достиг 0,8.

Для агроирригационных отложений Мургабского района характерно наличие в средней части разреза прослоев аллювиальных отложений. Мощность агроирригационного горизонта в большей части района весьма значительна — 3 *м*, и только на юго-западе она уменьшается до 1,2—2 *м*.

Агроирригационные отложения подстилаются тонкозернистыми песками с прослоями и линзами супесей, суглинков и глин иолотанской свиты. Мощность этой толщи достигает 30 *м*, а на юго-западной окраине района — 10 *м*.

В рельефе преобладают ирригационные формы. Приканальные повышения имеют высоту до 2—3 *м* при ширине в основании до 250—300 *м*. Более мелкие гривы отходят от основных валов под острыми углами, высота их не превышает 1—1,5 *м*. Эти гривы шире основных валов и поэтому выглядят более размытыми. Межканальные понижения шириной до 1 *км* обычно замкнуты, иногда едва заметными гривами разделяются на два-три участка. Из современных эрозионных форм можно отметить русло Джар, протягивающееся вдоль северо-восточной границы района, и долину Мургаба. Они узкие, с отвесными бортами, особенно на подмываемых участках. По западной границе района распространены барханы и гряды. Понижения между ними выполнены супесчано-суглинистыми аллювиальными и агроирригационными отложениями.

Почвы древнеорошаемые, представлены лугово-такыровидными, луговыми и лугово-болотными разностями. Бóльшая часть их в связи с близким залеганием высоко минерализованных грунтовых вод в той или иной степени засолена. Почти все межканальные депрессии заняты солончаками глубокого засоления. Здесь встречаются хлоридные магниево-натриевые солончаки, иногда сульфатно-хлоридные натриевые с высоким содержанием солей магния. Вдоль каналов почвы местами отли-

чаются высоким содержанием селитры. Орошаемые почвы обычно рассолены только в верхних горизонтах.

Глубина залегания грунтовых вод невелика. Еще в 1948 г. их уровень примерно на 88% площади района отмечался на глубине 5 *м*, в 1964 г. — уже только на 13%, а на 70% территории — на глубине 3 *м*. В районе сформированы ирригационно-грунтовые потоки. Однако малая глубина залегания грунтовых вод, а следовательно, большой расход их на испарение, обусловили небольшую мощность зоны опреснения под ирригационными каналами и орошаемыми полями. Хорошо развитая пресная линза известна лишь в районе Джарского сброса, где мощность слоя пресных и слабосолоноватых вод под орошаемыми полями превышает 30 *м*.

В результате ввода в действие коллекторно-дренажной сети площади земель с глубиной залегания грунтовых вод меньше 1 *м* уменьшились к 1972 г. по сравнению с 1964 г. почти в 5 раз. Однако кардинального улучшения мелиоративного состояния района еще не достигнуто, несмотря на относительно высокую удельную протяженность коллекторно-дренажной сети (10 *пог. м/га* на орошаемой площади и 8 *пог.м/га* на общей площади района).

Поскольку коэффициент земельного использования района самый высокий в оазисе — 0,8, дальнейшее расширение орошаемых площадей вряд ли возможно.

Марыйский район (*4*) общей площадью в 143 тыс. *га* располагается в северо-западной части дельты Мургаба. Еще в XIV в. здесь расстилались сплошные болота и топи, и освоение земель началось лишь в XVIII в. В конце прошлого века оно стало более интенсивным. Новый этап в развитии земледелия наступил в конце 30-х — начале 40-х годов настоящего столетия, когда были построены Каушутбентское и Эргигузарское водохранилища и реконструированы ирригационные системы. Коэффициент земельного использования до ввода в строй Каракумского канала достигал 0,5—0,7 в центральной части района, снижаясь к его окраинам до 0,3. Однако переложная система земледелия еще сохранялась. После строительства Каракумского канала посевные площади расширились за счет освоения перелогов в центральной части района и за счет целины — на его окраинах. В 1970 г. орошалось 94,7 тыс. *га*, коэффициент земельного использования достиг 0,7.

Небольшая продолжительность сельскохозяйственного освоения земель района обусловливает незначительную мощность ирригационных отложений, обычно не превышающую 40—80 *см*. Они подстилаются породами иолотанской свиты.

Рельеф характеризуется слабым развитием ирригационных форм — приканальных повышений и грив. Их высота не превышает 1—1,5 *м* при значительной ширине в основании и пологих склонах (уклоны — 0,003—0,005). Валы второго порядка имеют высоту 0,5—1 *м* и протяженность 0,5 *км*; они постепенно сливаются со склонами понижений. Ширина межканальных участков доходит до 1—3 *км*, уклоны их наименьшие в оазисе — 0,0002—0,0003. Лишь отдельные небольшие понижения имеют вид неглубоких замкнутых депрессий с плоским дном, на котором при близком залегании уровня грунтовых вод образуются озера или мокрые солончаки. Бóльшая часть понижений открыта в сторону общего уклона местности.

Из форм первичного рельефа сохранились лощины, старичные и озерные понижения. Лощины обычно начинаются на склонах межканальных понижений и заканчиваются в их центре. Долина Мургаба, прорезающая район, имеет ниже Эргигузарского подпорного сооружения вид неглубокого каньона.

Почвенный покров представлен в основном лугово-аллювиальными и болотно-луговыми разностями. Почвы высокоплодородные с относительно большим содержанием гумуса (до 1,5—2,5%), малозасоленные. Со-

хранились первичные солончаки, местами возникли солончаки, которые довольно легко промываются.

Грунтовые воды лежат, как правило, близко от поверхности, однако вследствие слабого развития ирригационного рельефа ирригационно-грунтовые потоки еще не сформировались. Существует общий радиальный поток, направленный от центра в сторону примыкающих к району песков. Минерализация вод потока зависит от характера орошения. На неорошаемых участках грунтовые воды обычно сильно минерализованы — до 30 *г/л*, под орошаемыми полями — лишь до 3—5, реже до 5—7 *г/л*. Минерализация вод подканальных линз колеблется от 1 до 3 *г/л*, но встречаются и пресные воды. Мощность опресненных линз не превышает 15—20 *м*.

В 1948 г. грунтовые воды только в центральной и восточной частях района залегали на глубине 1—3 *м*. На северной и западной окраинах глубина их залегания доходила до 10 *м*. С 1948 по 1958 г. происходило поднятие уровня грунтовых вод почти на всей площади района, и к 1958 г. на 60% территории они залегали на глубине меньше 3 *м*, а на 30% — на глубине от 3 до 5 *м*. После ввода в эксплуатацию Каракумского канала мелиоративная обстановка в районе продолжала ухудшаться. В 1968 г. уровень грунтовых вод на $^1/_3$ площади района располагался на глубине меньше 1 *м*. Лишь после строительства коллекторно-дренажной сети началось некоторое снижение его.

Южно-Байрам-Алийский район (*5*) общей площадью в 60 тыс. *га* расположен в центральной части восточной половины дельты Мургаба. Освоение территории района началось в I тысячелетии до н. э., хотя отдельные участки у северной границы его осваивались и раньше. К северу от развалин Гяур-Кала орошение прекратилось в XIII в., в последующие века оно на отдельных участках возобновлялось, но проводилось экстенсивно.

К югу от Гяур-Кала земли орошались с небольшими перерывами до XVIII в. В конце XIX в. в южной части района было организовано «Государево имение» и началось интенсивное освоение земель; коэффициент земельного использования достигал 0,25. В 30-х годах XX в. на этих землях были созданы колхозы, и коэффициент земельного использования повысился до 0,30—0,35. После ввода в эксплуатацию Машинного канала он возрос до 0,5.

В связи с большой продолжительностью ирригационного освоения в районе широко развиты ирригационные формы рельефа, а мощность агроирригационных отложений достигает 2—2,5 *м*.

Интенсивное поступление воды из Каракумского канала вызвало подъем уровня грунтовых вод, и в 1964 г. они залегали на 10% территории района на глубине меньше 1 *м*. Со строительством дренажной системы этот процесс прекратился, и площади с такой глубиной залегания грунтовых вод начали сокращаться.

На территории района развиты в основном такыровидные и луговато-такыровидные почвы, формирующиеся при близком залегании уровня грунтовых вод. Почвы древнеорошаемые. В приканальных полосах они не засолены или засолены очень слабо, а в межканальных понижениях — сильно. Промывки на фоне искусственного дренажа снижают содержание солей до минимума — 0,2—0,3 *г/л*. Исходя из сказанного, можно предположить, что в Южно-Байрам-Алийском районе возможно расширение орошаемых площадей.

Несмотря на то, что удельная протяженность коллекторно-дренажной сети самая высокая в оазисе (17,3 *пог. м* на 1 *га* орошаемой площади и 13 *пог. м* на 1 *га* площади района), мелиоративное состояние продолжает оставаться малоудовлетворительным. Одна из причин — плохая работа открытого дренажа. Вследствие песчаного состава верхней части разреза откосы открытых дрен и коллекторов сильно оплывают. Поэтому

в районе необходимо применение закрытого дренажа, что подтверждается опытом строительства закрытых дрен в колхозе «Октябрь».

Высокий коэффициент земельного использования говорит о том, что в районе нельзя ожидать значительного расширения орошаемых площадей. Интенсификация земледелия может быть достигнута путем улучшения мелиоративного состояния района.

Северо-Байрам-Алийский район (6) общей площадью в 103,4 тыс. *га* расположен в окраинной части восточной половины дельты Мургаба. Начало широкого земледельческого освоения датируется II тысячелетием до н. э. Столь раннее развитие земледелия объясняется расположением района в краевой части дельты, где можно было использовать паводковые воды Мургаба для лиманного орошения. В северной части района орошение прекратилось в III в. до н. э., на остальной его части — после татаро-монгольского нашествия. В конце XIX — начале XX в. лишь на отдельных участках были развиты богарное земледелие и субирригация на сбросных паводковых водах. Освоение земель района под орошаемое земледелие началось в 1959 г., после постройки Каракумского канала. Было организовано несколько крупных совхозов хлопководческого направления.

Земли, находящиеся к северу от канала, орошаются только его водами, а расположенные к югу — как его водами, так и водами Мургаба. Мощность агроирригационных отложений — максимальная в оазисе. Местами она доходит до 6 *м*, включая прослои аллювиально-дельтовых отложений общей мощностью до 1,5—2 *м*.

Высота валов — 2, реже 3 *м*, ширина в основании — 450—500 *м*; на северной окраине массива высота их уменьшается до 1—1,5 *м*, а ширина — до 100—150 *м*. Межканальные понижения относительно широкие — до 1—2 *км*; обычно они открыты к северу или северо-западу.

В северной части района довольно широко развиты эоловые формы рельефа — песчаные косы, гряды, бугры и барханы. Они формируются главным образом за счет развевания песчаного материала останцов султанбендской дельты. У северной окраины наблюдаются также котловины выдувания. По данным Н. Г. Минашиной (1965), местами межканальные понижения оказались несколько приподнятыми вследствие дефляции относительно более подверженных ветровой эрозии легких грунтов приканальных повышений и верхних частей склонов ирригационного рельефа. Вдоль западных границ района проходит русло Джар. В широтном направлении через район протягивается вал высотой до 0,5—1 *м* и шириной до 5—7 *м*. Это остатки древнего укрепления — стены Антиоха.

До создания на территории района совхозов глубина залегания грунтовых вод в его южной части достигала 10—20 *м*, а в северной части превышала 20 *м*. После пуска вод их уровень начал сильно повышаться, и площади с глубиной залегания грунтовых вод более 20 *м* сохранились лишь на неосвоенных участках на северной окраине района.

В Северо-Байрам-Алийском районе развиты преимущественно такыровидные почвы. Вдоль его границ встречаются пятна такыров и песчано-пустынных почв. Засоление почв слабое.

Относительное благополучие мелиоративного состояния этого района по сравнению с другими объясняется в первую очередь небольшой продолжительностью современного этапа его освоения. Особенности рельефа и почвы в целом благоприятствуют развитию здесь земледелия, и несмотря на относительно слабую освоенность района, можно рассчитывать на расширение в нем орошаемых площадей.

Нижнемургабский район (7) общей площадью в 50 тыс. *га* занимает северо-западную окраину иолотанской дельты. Расположение района в нижней части дельты обусловило неравномерное и ограниченное обводнение его в прошлом. Вода по протокам Мургаба доходила лишь в годы

с высокой водностью. Поэтому орошение носило лиманный характер, и под посевы использовались только небольшие площади, заливавшиеся во время паводков.

По мере развития земледелия в верховьях дельты, улучшения техники строительства и эксплуатации ирригационных систем, а также увеличения водозабора количество воды, поступающей на территорию Нижнемургабского района, резко уменьшилось, и она постепенно опустынивалась. В настоящее время в районе развито животноводство, орошаемое земледелие развито слабо.

Территория района представляет собой грядовую и бугристо-грядовую песчаную пустыню, иногда встречаются выровненные отакыренные поверхности. Гряды высотой 3—5 *м*, иногда 10 *м*, ориентированы в северном и северо-западном направлениях и сложены преимущественно тонко- и мелкозернистыми развеянными песками султанбендской свиты. Песчано-глинистые отложения иолотанской свиты, имеющие небольшую мощность, узкими и длинными языками вдаются далеко в глубь района вдоль русел древних протоков Мургаба. Среди песков разбросаны отдельные пятна такыров, иногда приуроченных к концевым частям древних протоков Мургаба. Площади такыров достигают 4—5 *км*^{2}.

Первичный аллювиально-дельтовый рельеф дельты Мургаба лучше всего сохранился в этом районе. Здесь можно встретить прирусловые валы высотой до 1 *м* (максимальная высота до 1,5 *м*), имеющие очень пологий поперечный профиль (0,005—0,003), широкие (более 1—3 *км*) плоские межрусловые понижения, нередко засыпанные песками. Наиболее крупными эрозионными формами являются древние, ныне почти всегда сухие, протоки Мургаба, протягивающиеся преимущественно в субмеридиональном направлении. Местами они занесены песком.

Грунтовые воды вскрываются колодцами глубиной 17—25 *м* с дебитом до 1500 *л/час*. Минерализация грунтовых вод меняется в широких пределах. Вдоль русел Мургаба вода пресная, а по мере удаления от них сильно засоляется. Почти полное отсутствие поступления воды в древние русла Мургаба и в то же время значительные дебиты колодцев, очевидно, свидетельствуют о существовании довольно мощного грунтового потока и питании его за пределами района.

В почвенном покрове сочетаются такыровидные, песчано-пустынные почвы и такыры. Обычно они слабо засолены.

В случае подачи воды из Каракумского канала и проведения комплекса мелиоративных работ в районе под орошаемое земледелие можно освоить относительно большие площади.

После ввода в эксплуатацию Каракумского канала на всей территории Мургабского оазиса произошли существенные изменения природных условий и ее мелиоративного состояния. Однако эти изменения в разных районах весьма различны. Например, непосредственное воздействие Каракумского канала на грунтовые воды сказывается лишь в полосе шириной порядка 0,5 *км*, т. е. менее чем на 10% площади оазиса. Здесь формируется подрусловой бугор опресненных грунтовых вод. Гидродинамическое влияние канала проявляется в полосе шириной до 10—15 *км*.

Однако гидродинамические колебания уровня грунтовых вод не могут заметно сказаться на облике ландшафта и привести к ухудшению мелиоративной обстановки зоны, примыкающей к каналу.

Основным фактором изменения природных и мелиоративных условий Мургабского оазиса более чем на 90% площади является его резко увеличившаяся обводненность. Возросшая водоподача позволила не только увеличить оросительные нормы, но и расширить орошаемую территорию и повысить коэффициент земельного использования. Однако рост водоподачи до сих пор не сбалансирован, что в значительной степени уменьшает эффективность использования водных и земельных ресурсов.

Анализ существующих природно-мелиоративных условий приводит к выводу, что дальнейшее увеличение площади орошаемых земель в Мургабском оазисе возможно за счет увеличения коэффициента земельного использования до 0,7—0,8 в центральных и южных районах и за счет освоения окраин — в Мургабском и Северо-Байрам-Алийском. Прирост новых земель может составить не меньше 80—100 тыс. *га*, и общая площадь орошаемых земель может быть доведена до 300—320 тыс. *га* против 220 тыс. *га* орошавшихся в 1970 г.

Дельта Теджена

Субаэральная дельта Теджена занимает около 300 тыс. *км*². Интенсивное освоение ее началось только после постройки Каракумского канала. До этого орошаемое земледелие базировалось на стоке Теджена, и из-за недостатка воды огромные земельные ресурсы дельты использовались лишь в очень небольшой степени. В настоящее время по площади орошаемых земель, превысившей в 1970 г. 120 тыс. *га*, и по производству хлопка, в том числе тонковолокнистых сортов, Тедженский оазис уступает в зоне канала только Мургабскому.

Поскольку в отличие от дельты Мургаба здесь осваиваются земли, ранее в сельском хозяйстве не использовавшиеся, то одной из главных задач наших исследований было изучение изменений природы дельты на начальном этапе ее освоения.

История земледельческого освоения

Детальные археологические исследования в дельте Теджена, проводившиеся в районе так называемого Геоксюрского оазиса, расположенного в 18 *км* к востоку от г. Теджен, показали, что этот оазис, существовавший около тысячи лет, представлял собой группу поселений древних земледельцев, обосновавшихся здесь в конце раннего энеолита — в IV тысячелетии до н. э. (Лисицына, 1964). Более раннее освоение этой части дельты Теджена по сравнению с дельтой Мургаба объясняется тем, что благодаря ее более западному расположению миграционный поток населения, двигавшийся в восточном направлении, достиг этой территории раньше, чем дельты Мургаба (Ставицкий, 1966).

Земледелие в дельте Теджена, как и в дельте Мургаба, вначале базировалось на лиманном орошении. Поля располагались в хвостовых частях дельтовых протоков, там, где были большие разливы. Выращивались ячмень и пшеница.

В связи с уменьшением водности и миграцией рукавов дельты водообеспеченность постепенно ухудшилась, и древние земледельцы приступили к строительству простейших ирригационных сооружений—каналов, забиравших воду из русел. Из-за продолжавшегося уменьшения водности реки население покинуло Геоксюрский оазис и переселилось в верхнюю часть дельты, в район современного г. Серахс, где сформировался новый очаг земледелия — Серахский оазис. В средние века здесь существовали довольно сложные ирригационные системы. Однако неравномерность режима стока Теджена затрудняла развитие регулярного орошения на больших площадях. Теджен часто пересыхал. Например, в 1040 г. в районе Серахса сток прекратился уже в начале мая (Бартольд, 1914).

В средние века Тедженский оазис уже существовал. Земледелие и ирригационное хозяйство его находились на сравнительно невысоком уровне. В первом десятилетии XX в. в дельте Теджена под сельскохозяйственными культурами было занято около 23 тыс. *га*. Выращивались ячмень, пшеница, бахчевые. Хлопчатник занимал незначительные площади.

После установления Советской власти началась реконструкция оросительной сети. В 1925 г. было построено первое инженерное сооружение — плотина Карры-Бенд, обеспечившая водозабор в основные каналы Тедженского оазиса. В 1950 г. было создано Первое Тедженское водохранилище. С этого времени орошение стало более устойчивым и появилась возможность расширить площади под посевы хлопчатника. Недостаточный объем этого водохранилища и уменьшение его полезной емкости из-за интенсивного заиления вызвали необходимость строительства Второго Тедженского водохранилища, вступившего в строй в 1960 г. Для нужд орошаемого земледелия Серахского оазиса в 1959 г. вблизи г. Серахс было построено небольшое наливное водохранилище.

Строительство водохранилищ и частичная реконструкция ирригационной сети позволили орошать в совокупности до 30 тыс. *га* земель. Однако и эти относительно небольшие площади не были в достаточной мере обеспечены водой. В период с 1956 по 1968 г. водообеспеченность Тедженского оазиса снижалась в отдельные годы до 60% средней многолетней.

После проведения Каракумского канала для аккумуляции его осенне-зимнего стока на восточной окраине дельты было построено Хаузханское водохранилище. Вода из него по Хаузханскому магистральному каналу подается в р. Теджен и аккумулируется в Каррыбендском водохранилище, откуда поступает на орошаемые поля.

Каракумский канал пересекает русло Теджена акведуком в нижнем бьефе Второго Тедженского водохранилища. Акведук позволяет сбрасывать воду из Каракумского канала непосредственно в русло Теджена и принимать речную воду из водохранилища. В последние годы из-за маловодья практикуется перекачка воды насосами из канала непосредственно во Второе Тедженское водохранилище в осенне-зимнее время, когда сток канала не используется на нужды ирригации.

Строительство Каракумского канала позволило ликвидировать водный голод в дельте Теджена и приступить в освоению новых земель не только в пределах ее староорошаемой части, но и на Хаузханском земельном массиве, основные угодья которого располагаются севернее Каракумского канала.

Ниже показана динамика орошаемых площадей в дельте Теджена по годам.

Год	Орошаемая площадь, тыс. *га*	Год	Орошаемая площадь, тыс. *га*
1956	26,3	1970	72,1
1961	31,2	1971	120,6
1965	61,0	1972	122,1

В 1965 г. в Тедженском оазисе началось строительство коллекторно-дренажной сети. На 1 января 1971 г. ее протяженность достигла 633 *км*. Общая площадь дренирования составила 2859 $км^2$.

В дальнейшем развитие орошения в этом районе будет продолжаться высокими темпами и площадь орошаемых земель может быть увеличена до 700 тыс. *га*.

Характеристика геологического строения, рельефа и подземных вод

В отличие от дельты Мургаба природные условия дельты Теджена в значительно меньшей степени изменены деятельностью человека. Однако в настоящее время в связи с высокими темпами сельскохозяйственного освоения территории антропогенные изменения проявляются здесь более интенсивно, чем в дельте Мургаба, особенно в центральной части дельты Теджена.

Геологическое строение и рельеф. Субаэральная дельта Теджена расположена в пределах Предкопетдагского краевого прогиба. Сформировавшие ее четвертичные отложения разделяются на серахскую, инклабскую и тедженскую свиты (Амурский, Раевский, 1959).

Серахская свита развита в центральной и южной частях дельты. Она погребена под более молодыми отложениями и выходит на дневную поверхность лишь в уступе берега Теджена недалеко от Серахса. В серахской свите преобладают грубозернистые пески с прослоями глин и галечников, к северу они замещаются песчано-глинистой толщей. Мощность серахской свиты достигает 200 *м*.

Отложения инклабской свиты позднечетвертичного возраста мощностью от 7 до 35 *м* развиты наиболее широко. Они представлены переслаивающимися песками, супесями, суглинками и глинами. На юге преобладают разнозернистые и мелкозернистые пески, на севере — тонкозернистые. Прослои суглинков и глин в южной части дельты имеют меньшую мощность по сравнению с северной. В южной части дельты в основании свиты расположен гравийно-галечниковый горизонт.

Отложения тедженской свиты (современные) мощностью 15—20 *м* развиты на относительно небольшой площади, главным образом в пределах собственно Тедженского оазиса. Они представлены тонкозернистыми пылеватыми песками, супесями, суглинками, глинами и характеризуются большой пестротой распространения по площади отдельных разностей. В северной части оазиса встречаются прослои серых супесей, богатых гумусом и содержащих пресноводную фауну. Очевидно, это реликты болотных и лугово-болотных почв.

Современные аллювиальные отложения развиты узкой полосой в долине Теджена. По литологии и механическому составу они весьма близки к отложениям тедженской свиты. В пределах Тедженского и Серахского оазисов известны агроирригационные отложения; они имеют небольшую мощность, занимают незначительные площади и не выделяются в самостоятельный комплекс.

Субаэральная дельта Теджена, как и Мургаба, представляет собой комплексное образование, состоящее из наложенных друг на друга разновозрастных дельт. Наиболее древняя — серахская — дельта погребена под инклабской. Современная дельта Теджена развита в центральной части инклабской и занимает лишь незначительную часть последней.

В пределах современной дельты Теджена хорошо выражен типичный дельтовый рельеф — веерообразно расположенные протоки (бóльшая часть которых превращена в ирригационные каналы), развитые вдоль них прирусловые валы, сложенные относительно легким по механическому составу по сравнению с межрусловыми понижениями материалом. Многие русла засыпаны, прирусловые понижения снивелированы, но они хорошо заметны на аэрофотоснимках и прослеживаются по подрусловым линзам грунтовых вод. Местами встречаются озерные понижения, выполненные глинистыми отложениями. В настоящее время они превращаются в солончаки. По периферии современной дельты развиты барханы и эоловые песчаные бугры. Особенно часто встречаются они у северной окраины дельты. Некоторые из этих форм образовались совсем недавно в результате хозяйственной деятельности человека. Современная дельта Теджена в течение долгого времени является районом орошаемого земледелия. Поэтому здесь широко развиты антропогенные формы рельефа — приканальные валы, депе и др.

На территории инклабской дельты лишь в отдельных местах сохранились остатки древних русловых протоков и озерных понижений. Они большей частью снивелированы и могут быть обнаружены только при тщательном изучении. На юге этой дельты в пределах Серахского оазиса хорошо развит антропогенный ирригационный рельеф. Центральная часть ее, расположенная севернее, отличается очень сильной выровнен-

ностью. Для нее характерно максимальное распространение такыров. В настоящее время на этой территории широко развивается орошение и формируется агроирригационный рельеф. Поверхность хвостовой части дельты представляет собой сложное сочетание флювиальных форм с эоловыми образованиями.

Долина Теджена в южной части врезана на 6—8 *м*. Здесь фрагментарно развиты пойма высотой 1—2 *м* и первая надпойменная терраса высотой 4—6 *м*. Поверхность инклабской дельты некоторые исследователи считают второй надпойменной террасой. Первая надпойменная терраса покрыта тамариксовыми и туранговыми тугаями. В пределах современной дельты Теджена первая надпойменная терраса сливается с ее поверхностью.

Русло Теджена шириной до 40—60 *м* сильно меандрирует, образуя местами старицы. Севернее плотины Карры-Бенд основное русло Теджена (называемое здесь каналом Кара-Векиль) заметно меняет облик и приобретает каньонообразный характер с глубиной вреза до 6 *м*. Наличие в долине подпорных гидротехнических сооружений приводит к переуглублению русла в нижнем бьефе, в результате эрозионная деятельность реки не затухает. Древние протоки Теджена длиной от 1—2 до нескольких десятков километров лучше всего сохранились в центральной части дельты. Глубина их обычно достигает 1—2 *м*, но наиболее крупные протоки могут быть врезаны и на 4—5 *м*.

Подземные воды. Грунтовый водоносный комплекс дельты Теджена отделен от глубинных напорных вод палеогеновой глинистой толщей и имеет свободную поверхность. Питание его происходит путем фильтрации с орошаемых полей и в меньшей степени из реки и ирригационных каналов. Подземный приток имеет место только в верховьях дельты, где грунтовый поток из неогеновых отложений переходит в аллювиальные. Роль атмосферных осадков в питании грунтовых вод невелика.

Разгрузка грунтовых вод происходит преимущественно за счет внутригрунтового испарения, о чем свидетельствуют высокая минерализация и распространенные по периферии дельты и в центральной ее части солончаки-шоры. Грунтовые воды дренируются также рекой и коллекторно-дренажной сетью. Роль подземного оттока из-за слабой водопроницаемости пород водовмещающей толщи в общем водном балансе невелика.

Расчет составляющих баланса грунтовых вод, выполненный для площади в 11 тыс. *км*^{2}, расположенной в центральной части дельты Теджена, показал, что в 1967 г. приход составлял 4,47 *км*^{3}, из них 1,97 *км*^{3} поступило за счет атмосферных осадков, а 2,5 *км*^{3} — в результате инфильтрации вод, поданных по Каракумскому каналу и Теджену. Как уже отмечалось, приток подземных вод, имеющий место только в южной части дельты, невелик и в общем балансе выражается лишь десятыми долями процента.

В расчетном году под орошаемыми культурами было занято 53,6 тыс. *га*, под перелогами и целиной — 1046,4 тыс. *га*. Соответственно величина испарения [1] с орошаемых полей составила 0,64 *км*^{3}, с остальной территории — 2,78 *км*^{3}. Суммарная величина оттока грунтовых вод, происходящего по всему периметру региона, за исключением некоторых участков на его восточной границе, равна 0,02 *км*^{3}.

Разность приходной и расходной частей баланса, составляющая 1,03 *км*^{3}, указывает на увеличение запасов воды в пределах региона (на 0,42 *км*^{3} — в водохранилищах и на 0,61 *км*^{3} увеличился объем грунтовых вод). Эта же величина, вычисленная по данным исследований режима

[1] Испарение принималось равным, как и в Мургабском оазисе, 1200 *мм* с орошаемых полей и 266 *мм* — с перелогов и целинных земель.

грунтовых вод методом треугольников, взвешенных по сторонам, составила 0,85 $км^3$, т. е. расхождение получилось в пределах допустимого. Увеличение запасов грунтовых вод обусловило подъем их уровня. Его средняя величина в пересчете на всю территорию района при коэффициенте порозности порядка 0,3 составляет 0,02 *м*, а в пересчете на орошаемую площадь — 0,4—0,5 *м*, что вполне согласуется с натурными наблюдениями.

За период с 1958 по 1969 г. площади с высоким уровнем грунтовых вод в центральной части дельты Теджена значительно возросли (табл. 35).

Таблица 35

Изменение площадей с различной глубиной залегания грунтовых вод, $км^2$

Год	Глубина залегания грунтовых вод, *м*			
	0—2	2—5	5—10	>10
1958	397	1316	4736	2322
1969	730	3286	3646	1091

Несмотря на то, что строительство коллекторно-дренажной сети началось еще в 1965 г., роль дренажного стока в водном балансе 1967 г. была незначительной. К 1971 г. объем стока достигал всего 47,3 млн. $м^3$. Таким образом, для стабилизации уровня грунтовых вод величина дренажного стока должна быть увеличена в 15—20 раз по сравнению с 1971 г.

До ввода в строй Каракумского канала в дельте, за исключением территорий Теджснского и Серахского оазисов, существовал инертный или близкий к инертному режим грунтовых вод с очень малой, всего лишь в несколько сантиметров, амплитудой колебания уровня, незначительным изменением минерализации и химического состава грунтовых вод (в пределах точности химического анализа). Под орошаемыми массивами режим уровня грунтовых вод имел цикличный характер с годовой амплитудой его колебания до 0,5 *м* в Серахском оазисе и до 2 *м* — в Теджснском. Наиболее высокое положение уровень грунтовых вод занимал в начале, реже — в середине вегетационного периода, наиболее низкое — осенью. Многолетний режим уровня определяется водностью реки.

После ввода в эксплуатацию Каракумского канала характер режима грунтовых вод в Теджснском и Серахском оазисах не изменился и продолжает оставаться цикличным, но колебания их уровня стали проходить на более высоких отметках. В пределах Хаузханского земельного массива, где орошение началось при относительно глубоком залегании грунтовых вод (до 10 *м*, а местами больше), их запасы непрерывно пополнялись за счет инфильтрации поливных вод. В последние годы на орошаемой территории началось интенсивное строительство дренажной сети. В зоне ее влияния режим грунтовых вод продолжает оставаться цикличным с амплитудой колебания около 1,5—2 *м*, но характер динамики становится компенсированным.

Поток грунтовых вод в дельте Теджена до недавнего времени имел в плане вид, близкий к плоскопараллельному с уклоном вдоль простирания дельты. Однако в последние годы, когда орошаемое земледелие стало интенсивно развиваться, в центральной части дельты и на территории Теджснского и Хаузханского массивов сформировался бугор грунтовых вод, поток приобрел радиальный характер. Конфигурация этого бугра довольно сложная: он формируется из нескольких отдельных бугров, образовавшихся под орошаемыми массивами.

В дельте Теджена развиты грунтовые воды различной минерализации, в том числе и слабые рассолы. Минерализация закономерно изменяется по направлению движения потока, увеличиваясь от 1—3 до

50 *г/л* и более. В верхней части дельты, в районе Серахского оазиса, вдоль реки и у водохранилища Хор-Хор развиты слабосолоноватые грунтовые воды с минерализацией до 3 *г/л*. С глубиной величина минерализации увеличивается до 10 *г/л*. Ниже по потоку слабосолоноватые воды замещаются солоноватыми, солоноватые — солеными. Наконец, на восточной окраине, южнее Хаузханского водохранилища, где происходит интенсивная разгрузка потока грунтовых вод путем испарения, формируются соленые воды с минерализацией до 50 *г/л* и рассолы. Вдоль русел Теджена и крупных ирригационных каналов наблюдаются небольшие подрусловые линзы слабосоленых грунтовых вод.

Так как до проведения Каракумского канала поливные нормы были крайне низкими, под орошаемыми массивами не могли сформироваться линзы пресных вод. Не способствовала этому и переложная система земледелия. С приходом амударьинской воды поливы на полях стали проводиться по нормам, достаточным для создания промывного режима орошения. Под орошаемыми массивами, особенно там, где грунтовые воды лежали на глубине более 5 *м*, верхние части водоносной толщи начали опресняться.

Запасы солей в грунтовых водах дельты Теджена весьма велики, что определяется не только их сильной минерализацией, но и большой мощностью водоносного горизонта (от 490 до 875 *м*). Основным источником поступления солей в дельту Теджена до последних лет являлась р. Теджен. Вследствие малых величин грунтового оттока солевой баланс был постоянно положительным. В связи с поступлением амударьинских вод произошло уменьшение степени минерализации грунтовых вод. Однако общие запасы солей в них продолжают увеличиваться. Коллекторно-дренажная сеть, сбрасывавшая в 1971 г. 47 млн $м^3$ воды, недостаточна, чтобы остановить процесс соленакопления.

Природные комплексы

На территории субаэральной дельты Теджена развиты песчаная и супесчано-суглинистая пустыни; первая характерна для ее северной половины, вторая — для южной.

До строительства Каракумского канала антропогенные комплексы были развиты в дельте Теджена на небольшой площади. С началом эксплуатации канала начал формироваться крупный земледельческий район, расположенный между Тедженским и Серахским оазисами — Хаузханский. Поэтому среди антропогенных комплексов дельты Теджена выделяются две возрастные генерации — древние комплексы (тедженский и серахский) и молодой (хаузханский). В Тедженском и Серахском оазисах природно-антропогенный комплекс в основном сложился, а в Хаузханском в настоящее время интенсивно формируется. Здесь происходит перестройка рельефа в результате строительства ирригационно-дренажной сети и проведения планировочных работ, преобразуется водный баланс. Поступление большого количества воды привело к резкому изменению режима грунтовых вод, в том числе к быстрому подъему их уровня.

Прирост орошаемых площадей в дельте Теджена происходит в основном за счет Хаузханского земельного массива и в значительно меньшей степени за счет северной окраины Тедженского оазиса. В Серахском оазисе площадь орошаемых земель в настоящее время не увеличивается.

Хаузханский земельный массив представлял собой ранее супесчано-суглинистую пустыню — обширные такыры с тетырниками на такыровидных почвах, а северная окраина Тедженского оазиса была занята тамариксово-янтачно-тростниковой растительностью на такыровидных почвах и солончаках.

Природно-мелиоративные районы

В связи с неравномерной освоенностью дельты Теджена при природно-мелиоративном районировании этой территории во внимание принимались как антропогенные, так и природные факторы. С учетом этой предпосылки в дельте Теджена выделены четыре природно-мелиоративных района: Серахский, Хаузханский, Тедженский, в которых сформировался антропогенный ландшафт, и Северный, где еще господствует природный ландшафт (рис. 16).

Серахский район (1) общей площадью в 200 тыс. *га* занимает головную часть дельты, где расположен массив древнего орошения — Серахский оазис. Орошаемое земледелие здесь было развито слабо. Основной причиной этого являлся постоянный дефицит воды, связанный с большим водозабором на территории Ирана и Афганистана (Шульц, 1958). В настоящее время орошаемые земли сосредоточены в южной части района, вблизи Серахса и Аул-Ата. Площадь обарыченных земель составляет около 40 тыс. *га*, а орошаемых — около 5 тыс. *га*. Орошение базируется на водах Теджена, часть которых аккумулируется в водохранилище Хор-Хор. Недостаток воды частично восполняется использованием солоноватых грунтовых вод юго-западной части района.

Для рассматриваемой территории характерно залегание на относительно небольших глубинах гравийно-песчаных и галечниковых отложений. Крупнозернистый состав водовмещающей толщи обеспечивает удовлетворительный подземный отток. Благодаря гравийно-галечниковому составу отложений здесь возможен вертикальный дренаж (Дорошенко, 1972). На большей части территории района коэффициент фильтрации равен 25—100 *м/сут*, у северной границы он уменьшается до 3—5 *м/сут*, и глубина залегания грунтовых вод, равная в южной и центральной частях района 10 *м* и более, к северной и восточной окраинам уменьшается до 5 *м*, а по периферии — даже до 1 *м*. Минерализация грунтовых вод наименьшая по сравнению с остальной территорией дельты Теджена — от 1—3 *г/л* в головной части дельты до 3—5 *г/л* на севере и востоке района.

Поверхность сильно выположена и слабо наклонена к север-северо-востоку. В восточной половине района развиты мелкобугристые, нередко разбитые в результате неумеренного выпаса, эоловые пески. Антропогенные формы (ирригационный рельеф) наиболее хорошо выражены вблизи Серахса. Они представляют собой валы высотой до 1,5—2 *м* при ширине в основании до 200 *м*, расположенные вдоль ирригационных каналов. От основных валов, вытянутых в субмеридиональном направлении, отходят более мелкие высотой до 1 *м* и шириной в основании до 100 *м*. Понижения между ними неглубокие, с пологими склонами. Ширина их днищ — 1,5—2 *км*. Небольшими приканальными повышениями они разбиваются на ряд еще более мелких, иногда замкнутых.

В почвенном покрове преобладают суглинистые, тяжелосуглинистые и глинистые такыровидные разности, занимающие около $^2/_3$ территории. Кроме того, развиты песчано-пустынные и лугово-аллювиальные почвы, реже солончаки. Почво-грунты в целом характеризуются невысокой степенью засоления, что объясняется глубоким залеганием и слабой минерализацией грунтовых вод. Среди растительности широко распространены тетырниковые ассоциации с примесью черкеза и кеурека, приуроченные к такырам.

На песках и песчано-пустынных почвах развиты белосаксаульники с участием тамарикса. На солончаках по восточной окраине района появляются сарсазанники.

После сооружения Каракумского канала обводненность Серахского района не улучшилась, так как сток Теджена здесь не зарегулирован, а вода из канала на территорию района не подается. Более того, после

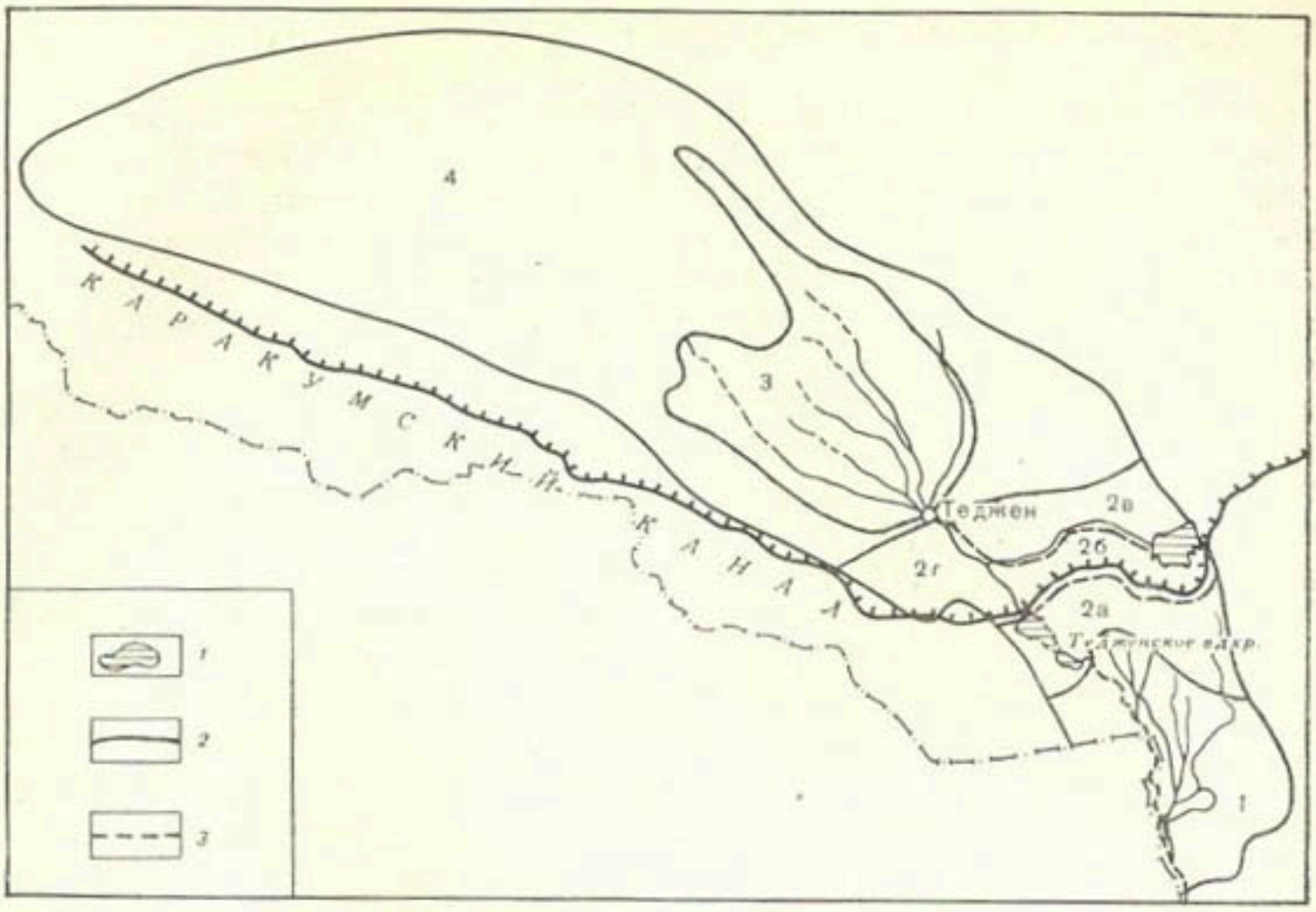


Рис. 16. Природно-мелиоративные районы Тедженского оазиса

1 — водохранилища; *2* — границы районов; *3* — то же, подрайонов.
Районы (цифры на схеме): *1* — Серахский; *2* — Хаузханский с подрайонами: *а* — Южным, *б* — Центральным, *в* — Северным, *г* — Западным; *3* — Тедженский; *4* — Северный

пуска канала посевные площади заметно сократились, особенно под хлопчатником, потому что часть колхозов была переведена на территорию Хаузханского района.

Сильная выровненность рельефа, относительно слабая засоленность почв делают Серахский район весьма перспективным для первоочередного освоения. Его удаленность от трассы канала и неподкомандное положение, требующее механического водоподъема и, по-видимому, строительства водохранилища, — проблемы технического порядка. В пределах района может быть освоено до 140 тыс. *га* земель; возможный коэффициент земельного использования — 0,7.

Хаузханский район (2) общей площадью в 500 тыс. *га* занимает территорию, протягивающуюся от северной границы Серахского района до железной дороги Теджен — Мары. До последнего времени бóльшая часть его использовалась под земледелие, за исключением земельных массивов вблизи долины Теджена и около его южной границы, куда в многоводные годы доходила вода из Серахского оазиса.

Для района характерно преобладание песчаных отложений с заметным участием в его северной части суглинисто-глинистых осадков. Такое строение водовмещающей толщи обусловливает уменьшение скорости грунтового потока от 3—5 *м/сут* у его южной границы до 0,5—1 *м/сут* и меньше — у северной. Подпруживание грунтового потока, имевшего до освоения района под орошаемое земледелие плоскопараллельный характер, вызвало подъем уровня грунтовых вод по направлению с юга на север с 7—12 до 5 *м* и больше, а также увеличение их минерализации от 10—25 *г/л* на юге до 50—100 *г/л* на севере.

Строительство водохранилищ, зарегулирование стока Теджена, проведение новых каналов, в том числе Каракумского и Хаузханского, и орошение новых больших земельных массивов привели к заметному изменению характера гидрорельефа грунтовых вод. Плоскопараллельный грунтовый поток осложнился буграми, возникшими под водохранилищами, каналами и орошаемыми полями.

Территория района представляет собой сильно выположенную древнедельтовую равнину, слабо наклоненную к север-северо-востоку. Уклон поверхности составляет 0,0005. В долине Теджена созданы Первое и Второе Тедженские водохранилища, а центральную часть прорезают Каракумский и Хаузханский каналы. У восточной границы, в естественной депрессии рельефа, расположено Хаузханское водохранилище. В рельефе выделяются валы и насыпи, образовавшиеся при строительстве новых оросительных и магистральных каналов. Эоловые образования, представленные преимущественно мелкобугристыми формами, развиты слабее, чем в Серахском районе.

Среди почв преобладают такыровидные, занимающие более 80% площади района. Они развиты преимущественно на суглинистых отложениях, характеризуются слабой или средней степенью засоления. Растительность сходна с растительностью Серахского района.

Площадь пригодных для орошения земель достигает 400 тыс. *га*, возможный коэффициент земельного использования — 0,8.

В настоящее время в различных частях Хаузханского района продолжают строиться ирригационные системы, которые в дальнейшем явятся основным фактором изменения природной среды. В рассматриваемом районе можно выделить четыре подрайона: Южный, Центральный, Западный и Северный.

Южный подрайон располагается между Серахским районом и Каракумским каналом. В настоящее время в нем освоены относительно небольшие площади земель вдоль Каракумского канала, из которого вода подается насосами. Широкое освоение Южного подрайона предполагается начать после 1980 г. на базе машинного орошения из канала.

Грунтовые воды залегают на глубине в среднем 7—12 *м*, а вблизи Первого и Второго Тедженских водохранилищ и Каракумского канала их уровень поднимается до 3 *м*. Минерализация изменяется в пределах 7—30 *г/л*. В общем плане грунтовый поток сохраняет плоскопараллельный характер и направлен к северу, в сторону Каракумского канала, воды которого его подпирают. Последнее, а также некоторое увеличение питания грунтового потока за счет инфильтрации с орошаемых полей обусловили повышение его уровня на 0,3—0,5 *м/год* вблизи канала и примерно на 0,1 *м/год* — на остальной территории.

Центральный подрайон — единственный в дельте Теджена участок, со всех сторон окруженный источниками питания — Хаузханским каналом на севере, Каракумским каналом на юге, р. Теджен на западе и Хаузханским водохранилищем на востоке. Интенсивное освоение этого подрайона началось в 1967 г., когда на его территории получили земли колхозы Серахского района и ряд колхозов Мургабского оазиса.

До проведения Каракумского канала грунтовые воды залегали на глубине около 9 *м*, грунтовый поток был направлен на север. После ввода в строй Каракумского и Хаузханского каналов уровень грунтовых вод в их прибрежных зонах стал подниматься со скоростью до 1 *м/год*, а в центральных частях подрайона — несколько медленнее. В результате в гидрорельефе образовалось подобие депрессии, которая по мере развития орошения стала постепенно заполняться инфильтрационно-грунтовыми водами. Наиболее быстрый подъем грунтовых вод произошел в западной части подрайона, где они в настоящее время залегают на глубине 1—2 *м*; в его восточной части их уровни располагаются на глубине около 5 *м*. Грунтовые воды минерализованы до слабых рассолов, причем на западе концентрация солей меньше, чем на востоке, что объясняется, очевидно, разбавлением ирригационно-грунтовыми водами.

Западный подрайон расположен между р. Теджен и Прикопетдагской равниной. В его центральной части развиты эоловые пески. Под орошаемое земледелие осваиваются небольшие площади вдоль Теджена и Каракумского канала. Интенсивное освоение этого подрайона нача-

лось в 1975 г. Каракумский канал проходит по глинистым отложениям, и фильтрационные потери здесь невелики. На всей территории подрайона грунтовые воды залегают на глубине более 5 *м* и только в неширокой полосе около р. Теджен — выше 5 *м*. Грунтовые воды соленые (порядка 30—50 *г/л*).

Северный подрайон расположен на правобережье Хаузханского водохранилища. Мелиоративные условия на территории подрайона сложные. Здесь развиты очень тяжелые по механическому составу грунты с низким коэффициентом фильтрации, уровень сильно минерализованных (более 50 *г/л*) вод непрерывно повышается. По данным Л. М. Мальцева и О. Ниязова (1967), в 1962 г. (первый год освоения этих земель) он повысился на 0,3—0,4 *м*. В дальнейшем прирост орошаемых площадей повлек за собой более интенсивное повышение уровня грунтовых вод: в 1963 г. — на 1 *м*, в 1964 г. — на 1,2, в 1966 г. — на 2 *м*. Таким образом, он достиг за 5—6 лет критических отметок. Лишь за последние годы благодаря интенсификации строительства коллекторно-дренажной сети этот процесс удалось в известной мере стабилизировать.

Теджженский район (3) общей площадью 470 тыс. *га* расположен в современной дельте Теджена. Его освоение началось, очевидно, в средневековье. Однако из-за маловодья Теджена коэффициент земельного использования был очень низким — порядка 0,1. Даже при таком слабом освоении земли использовались нерегулярно вследствие сильных колебаний стока Теджена.

Зарегулирование стока путем строительства гидросооружений несколько улучшило водообеспеченность района. Значительное же повышение ее произошло после проведения Каракумского канала. Появилась возможность включить в сельскохозяйственный оборот перелоги и залежи, а в последние годы в северной части района началось освоение целинных земель.

Орошение Теджженского района осуществляется одиннадцатью крупными магистральными каналами протяженностью около 160 *км*. Водозабор в них регулируется Каррыбендским водораспределительным сооружением, построенным в головной части дельты. Преобладание тонкозернистых песков с мощными прослоями суглинков и глин, выровненность рельефа, небольшие коэффициенты фильтрации (0,5—3,0 *м/сут*) обусловливают слабую естественную дренированность территории. Если раньше в многоводные годы уровень грунтовых вод заметно поднимался, а в маловодные стабилизировался или даже понижался, то после пуска Каракумского канала тенденция к подъему уровня грунтовых вод стала постоянной. В результате на значительных площадях произошел его подъем до критической глубины.

Почти повсеместно в районе развиты высокоминерализованные (до 50 *г/л*) грунтовые воды. Только на небольших участках, где зона аэрации уже достаточно хорошо промыта, в верхних частях водовмещающей толщи стали формироваться грунтовые воды с минерализацией до 10 *г/л*, а вдоль крупных ирригационных каналов подрусловые линзы еще более пресные.

Наиболее четко выраженные формы рельефа Теджженского района имеют антропогенное происхождение. К ним относятся веерообразно расположенные магистральные каналы оросительной сети, представляющие собой трансформированные протоки дельты, а также серия распределительных каналов, оросителей и сопровождающие их валы. В последние годы на территории района были построены коллекторы. Почти на всей территории хорошо выражены приканальные повышения. Высота их доходит до 1 *м*, ширина в основании — до 200—300 *м*. Понижения между ними плоские, открытые в сторону общего уклона местности.

В южной части района при глубине залегания грунтовых вод в 3—5 *м* преобладают лугово-такыровидные почвы, незасоленные и слабоза-

соленные. При глубине залегания грунтовых вод в 1—3 *м*, в основном на участках интенсивного орошения, развиваются лугово-аллювиальные слабозасоленные почвы. Они почти повсеместно используются. На северной окраине района преобладают орошаемые и целинные такыровидные почвы, которые развиваются при глубине залегания грунтовых вод более 5 *м*. На северо-восточной окраине широко развиты такыры и такыровидные почвы и их комплексы. Значительную часть территории района занимают слабо закрепленные и незакрепленные пески.

Уже к 1965 г. на большей части Тедженского района на староорошаемых землях уровень грунтовых вод достиг критической глубины, что вызвало вторичное засоление, развивающееся довольно интенсивно в связи с высокой минерализацией грунтовых вод (Мальцев, Ниязов, 1967). Это привело к необходимости строительства коллекторно-дренажной сети. В настоящее время в условиях все расширяющегося строительства ее можно с большим основанием предполагать, что поднятие уровня грунтовых вод в ближайшие годы прекратится.

Площадь пригодных для орошения земель достигает в Тедженском районе 330 тыс. *га*, возможный коэффициент земельного использования — 0,7.

Северный район (4) общей площадью в 18,3 тыс. *га* занимает более половины инклабской дельты Теджена. Для земледелия эта территория не используется, за исключением небольших участков общей площадью в несколько сотен гектаров, занятых под бахчи и огороды, расположенных вблизи колодцев. Отложения, слагающие поверхностные горизонты, представлены глинами, суглинками, супесями и песками. Мощность инклабских отложений в центральной части района не превышает 20—25 *м*. У северной окраины дельты они контактируют с отложениями каракумской свиты — тонко- и мелкозернистыми песками с прослоями суглинков и глин. Положение района в хвостовой части дельты определяет основные особенности грунтовых вод: относительно глубокое залегание (более 20 *м*), слабый отток и высокую минерализацию (более 50 *г/л*).

Рельеф района характеризуется сложным сочетанием выровненных такыровидных поверхностей с грядовой и грядово-бугристой песчаной пустыней. Такыры развиты в полосе шириной от 20 до 60 *км* вдоль северной и восточной окраин района и занимают 10—12% его площади. Они представляют собой вытянутые в субмеридиональном направлении участки площадью от 200—600 до 4000—5000 *га*, разделенные песчаными грядами высотой до 10—25 *м* и шириной от 0,5 до 1—3 *км*. Такыры расчленены большим количеством дугообразно изогнутых древних дельтовых протоков, имеющих ширину в несколько десятков метров и врезанных на глубину до 0,5 *м* (Граве М. К., 1957б). В районе преобладают пустынные песчаные почвы и такыры, такыровидные почвы и их разности; в растительном покрове господствуют псаммофиты и такырные комплексы.

Северный район наименее перспективен для развития орошаемого земледелия. Объектом для изучения возможностей орошения могут явиться лишь такыры у его северной и восточной границ, площадь которых достигает примерно 200 тыс. *га*. Таким образом, возможный коэффициент земельного использования не превышает 0,1.

В целом в дельте Теджена, как и в дельте Мургаба, изменения происходят не только под непосредственным влиянием канала, но и в результате изменившегося характера хозяйственной деятельности человека. Они проявляются в основном в Хаузханском районе, где располагаются основные массивы осваиваемых земель, и в центральной части дельты, где находятся основные гидротехнические сооружения. Вследствие тяжелого механического состава грунтов непосредственное влияние Каракумского и Хаузханского каналов прослеживается в полосе, шири-

на которой редко превышает несколько сотен метров. Невелика также и зона влияния Хаузханского водохранилища.

Земельные ресурсы Тедженской дельты весьма велики, и площади земель, пригодных для освоения без коренных мелиораций, позволяют предполагать, что Тедженский оазис может стать одним из крупнейших сельскохозяйственных районов Средней Азии.

СЕВЕРНАЯ ПОДГОРНАЯ РАВНИНА КОПЕТДАГА

Подгорная равнина протягивается вдоль Копетдага почти на 600 *км* от дельты Теджена до западной оконечности хр. Кюрендаг полосой, ширина которой колеблется от 12 до 45 *км*. По своему рельефу и почвам эта территория достаточно благоприятна для орошаемого земледелия, однако до постройки Каракумского канала ограниченность водных ресурсов сдерживала ее широкое освоение.

История земледельческого освоения

Наличие речек и ручьев с небольшим, но постоянным стоком допускало сравнительно легкое освоение отдельных небольших участков территории, и земледелие возникло здесь значительно раньше, чем в дельтах Теджена и Мургаба. Поселения древних земледельцев джейтунской культуры (VI—V тысячелетия до н. э.) известны в центральной и западной частях подгорной равнины (Ставицкий, 1966).

Незначительность стока рек и ручьев обусловила не только специфику размещения орошаемых территорий в виде маленьких оазисов, разбросанных по всей подгорной равнине, но и своеобразие ирригационных систем — отсутствие магистральных каналов. Так, в период раннего энеолита (V—VI тысячелетия до н. э.) в районе речек Арчиньян и Лаинсу поля земледельцев размещались на конусах выноса, там, где весенние паводковые воды, разливаясь, обеспечивали лиманное орошение.

Позднее были построены ирригационные системы. Вода подавалась на орошаемые поля непосредственно по водораспределительным каналам, а роль магистральных каналов выполняли русла ручьев. Специфика водозабора усугублялась дождевыми паводками, во время которых максимальные расходы воды могли достигать десятков и сотен кубометров в секунду, а расход взвешенных наносов — сотен килограммов в 1 $м^3$. Б. Т. Кирста (1970) считает, что система водозабора, осуществлявшегося с помощью временных земляных перемычек, перегораживавших русло и направлявших воду в арык, была достаточно целесообразна. Во время паводка земляная перемычка легко размывалась и основная масса воды сбрасывалась в русло, а не поступала в каналы, разрушая и заиливая ирригационную сеть.

В дальнейшем ограниченность ресурсов поверхностных вод на подгорной равнине заставила искать дополнительный источник водоснабжения. Еще в средние века здесь начали строиться кяризы, часть которых сохранилась до нашего времени: в 1969 г. их насчитывалось более 80 (Кирста, 1970).

После установления Советской власти ирригационная сеть была реконструирована, причем основное внимание обращалось на борьбу с потерями воды путем перенесения выводов в предгорья Копетдага и облицовки каналов. В результате коэффициент полезного действия канала достиг 0,80—0,95. Более интенсивно стали использоваться подземные воды. Однако эти меры все же не смогли значительно увеличить водообеспеченность подгорной равнины. В 1958 г. орошалось всего 28,5 тыс. *га*, при этом в отдельные месяцы не вся площадь была обеспечена водой.

Проведение Каракумского канала позволило не только коренным образом улучшить промышленное и бытовое водоснабжение Ашхабада и других населенных пунктов, но и приступить к широкому земледельческому освоению территории. Был освоен расположенный к востоку от Ашхабада Гяурский земельный массив с площадью орошения, превышающей 30 тыс. *га*. В 1968 г. из Каракумского канала орошалось 42 тыс. *га*, в 1972 г. — 57 тыс. *га*, а общая орошаемая площадь составляла 86 тыс. *га*.

Характеристика геологического строения, рельефа и подземных вод

Для Северной подгорной равнины Копетдага характерны по сравнению с дельтами Мургаба и Теджена большая пестрота литологического состава отложений, разнообразие форм рельефа, минерализации и режима грунтовых вод.

Геологическое строение и рельеф[1]. Подгорная наклонная равнина сравнительно узкой полосой протягивается в северо-западном направлении вдоль подножия Копетдага. Породы четвертичного возраста представлены морскими и континентальными отложениями. Морские раннехвалынские мелко- и среднезернистые пески с прослоями глин, мощностью немного более 10 *м*, развиты на небольшой площади по ее северо-западной окраине, а континентальные отложения занимают основную часть равнины. Согласно М. К. Граве, отложения временных потоков, образующие конусы выноса, рассматриваются как пролювиальные. Отложения северной окраины подгорной равнины, где пролювий переслаивается с материалом, приносимым реками и ручьями с постоянным течением, представлены аллювиально-пролювиальными образованиями.

Раннечетвертичные пролювиальные и аллювиально-пролювиальные отложения мощностью до 100 *м* выходят на дневную поверхность в узкой полосе вдоль подножия Копетдага и сформированы грубообломочным материалом с прослоями песков и суглинков. Севернее эти слои перекрываются среднечетвертичными, которые располагаются гипсометрически ниже. В зоне подгорных шлейфов среднечетвертичная толща сложена плохо сортированными щебнем и галькой с песками и супесями. Максимальная мощность среднечетвертичных отложений, вскрытых скважинами (Хендыварский конус выноса южнее Ашхабада), равна 160 *м*. Севернее эти отложения перекрываются позднечетвертичными и современными, которые обычно не расчленяются.

Позднечетвертичные и современные пролювиальные и аллювиально-пролювиальные отложения формируют основную часть подгорной равнины. Они представлены всеми литологическими разностями — от крупного щебня и глыб до суглинков и глин. Мощность их может превышать 100 *м*. Местные особенности отложений подгорной равнины обусловлены характером пород, слагающих области сноса. Так, например, продукты разрушения широко развитых в центральном Копетдаге и в передовом хребте западного Копетдага нижнемеловых сильно трещиноватых темно-серых известняков образуют грубообломочные фации пролювия. Позднемеловые отложения, а также палеогеновые и неогеновые — песчаники, алевролиты, глины и мергели — поставляют песчано-суглинисто-глинистый материал. Большое количество материала поступает на подгорную равнину за счет размыва рыхлой толщи четвертичных отложений Копетдага.

Материал, слагающий подгорную равнину, дифференцирован. М. К. Граве выделил пять литологических зон. Границы их расплывча-

---

[1] В подразделе использованы в основном данные М. К. Граве (1957б).

тые и волнистые, ширина определяется условиями сноса и составом размываемых пород.

В непосредственной близости к горам протягивается зона щебнисто-галечных отложений с содержанием гальки и щебня, превышающим 50%, а гравия — от 20 до 30%. Остальную часть толщи занимают пески, супеси, суглинки и глины с преобладанием супеси. В пределах этой зоны поверхность почти сплошь покрыта крупными обломками. Размеры отдельных глыб достигают нескольких кубических метров. Севернее этой зоны располагается зона суглинков с примесью щебня и гальки (слои, содержащие гальку и гравий, занимают меньше половины разреза).

Поверхностные горизонты мощностью до нескольких метров, а иногда и более 10—20 *м* часто сложены супесчано-суглинистым материалом без участия щебнисто-галечного. Содержание грубообломочного материала в других супесчано-суглинистых горизонтах по крайней мере вдвое меньше, чем в аналогичных слоях предыдущей зоны.

Еще далее к северу протягивается зона супесей и суглинков. В верхней части разреза грунты имеют лёссовидный характер. Четвертая зона суглинков и глин, расположенная вблизи северной окраины пролювиальной равнины, сложена преимущественно суглинками, среди которых довольно часто встречаются глинистые прослои. Слои песков и супесей в разрезе встречаются редко. Песок обычно принесен из пустыни Каракумы. На самой окраине пролювиальной равнины, на границе с Каракумами, протягивается зона с преобладанием глин, имеющая небольшую площадь.

В отдельных частях подгорной равнины число литологических зон различно, что объясняется не только особенностями сноса материала, но и тем, что на некоторых участках пролювиальные отложения погребены под эоловыми.

Главный фактор формирования подгорной равнины — аккумулятивная деятельность временных потоков. Временные водотоки, водосбор которых расположен в пределах Копетдага, поставляют основную часть пролювиального и аллювиально-пролювиального материала, слагающего равнину, а водотоки, питающиеся на территории собственно подгорной равнины, только перераспределяют его. Русла, выходящие на равнину, глубоко врезаны и обычно имеют отвесные борта. Например, русло Аджи-Дере в подгорной части равнины врезано на глубину до 6 *м*. Вниз по течению глубина вреза заметно уменьшается. Весной во время дождевых или снеговых паводков вода в низовьях растекается из русел пластовыми потоками. Русла, формирующиеся непосредственно на подгорной равнине, врезаны не глубже 1—1,5 *м* и имеют значительно меньшую водность. Они питаются лишь за счет дождевых паводков.

Эоловые процессы на подгорной равнине развиты в основном в пределах краевой зоны. Пески, перекрывающие ее северную окраину, имеют грядовый, бугристо-грядовый, ячеисто-грядовый рельеф. Они обычно сильно разбиты. Суффозионные образования выражены в виде просадочных воронок и провальных колодцев, расположенных вдоль глубоко врезанных русел в районах, где обеспечен вынос мелкозема. Западины и блюдца фиксируются в северной краевой зоне равнины, там, где суглинистые лёссовидные отложения небольшой мощности подстилаются хорошо водопроницаемыми песками.

Подземные воды. На рассматриваемой территории подземные воды могут в общем плане рассматриваться как единый грунтовый поток со свободной поверхностью. Несмотря на литологическую разнородность четвертичных и неогеновых водовмещающих отложений, гидравлическая связь заключенных в них вод достаточно тесная. Региональным водоупором всего горизонта подземных вод являются палеогеновые глины мощностью свыше 1000 *м*.

Резкие различия в водопроницаемости отдельных горизонтов песчано-суглинистой толщи неоген-четвертичного комплекса создают предпосылки для существования как условных, так и относительных водоупоров.

Рельеф и геологическое строение определяют некоторые гидрогеологические особенности, общие для всей подгорной равнины. К ним относятся условия формирования грунтовых вод, направление движения потока, закономерности изменения минерализации вод по потоку и условия разгрузки. В зоне подгорного шлейфа и в верховьях конусов выноса направление потока грунтовых вод почти везде северо-восточное или север-северо-восточное. По мере приближения к Низменным Каракумам оно изменяется на северное и северо-западное.

Уклоны поверхности грунтовых вод варьируют в широких пределах — от 0,03—0,006 до 0,003—0,0005 и даже до 0,00014. При этом снижение отметок земной поверхности происходит значительно быстрее, чем поверхности потока грунтовых вод; глубина залегания последних уменьшается от 90—100 *м* и больше на подгорном шлейфе и в вершинных частях конусов выноса до 1—2 *м* и меньше на северной окраине подгорной равнины в межконусных понижениях. В зоне сочленения равнины с Низменными Каракумами глинистый пролювий подстилается более проницаемыми отложениями каракумской свиты, и как глубины, так и уклоны потока заметно увеличиваются.

Выполаживание потока происходит в зоне выклинивания хорошо проницаемых отложений и замещения их мелкоземами (супесчано-суглинисто-глинистыми породами). Здесь в результате подпора формируется перегиб в профиле грунтового потока.

К территориям с неглубоким залеганием грунтовых вод приурочены солончаки и шоры, что свидетельствует о существенной роли испарения как расходной статьи баланса потока. Полоса шоров прослеживается вдоль северной границы подгорной равнины. Солончаки и шоры встречаются и в ее южной части, там, где щебнисто-песчано-суглинистая толща замещается суглинисто-глинистой и образуется, как указывалось выше, подпор грунтовых вод.

Минерализация грунтовых вод изменяется в широких пределах. Встречаются как пресные воды, содержащие меньше 1 *г/л* сухого остатка, так и рассолы с содержанием солей 200—250 *г/л*. Формирование рассолов связано с повышением концентрации растворов под влиянием испарения в условиях крайне замедленного движения в глинистых грунтах. Пресные воды приурочены к хорошо проницаемым и промытым отложениям верховьев конусов выноса и подгорного шлейфа, в которые поступают подземные воды из Копетдага и где в основном происходит инфильтрация поверхностных вод (Келембет, 1969; Милькис, 1969).

Пресные воды, как правило, являются гидрокарбонатными кальциево-магниевыми. С увеличением минерализации химический состав вод меняется: солоноватые воды (1,4—2,4 *г/л*) — обычно сульфатные кальциево-магниевые, воды с плотным остатком (10—50 *г/л*) — сульфатно-хлоридные и хлоридные с преобладанием катиона натрия, рассолы при минерализации до 200—250 *г/л* — хлоридные натриевые. Площади распространения вод той или иной минерализации распределяются по территории в виде субширотно ориентированных зон; ширина их возрастает с повышением минерализации.

Грунтовый поток формируется в основном на подгорном шлейфе в привершинных и срединных частях конусов выноса горных долин. Его питание осуществляется за счет погружения в рыхлообломочные отложения поверхностного стока из источников зоны Главного разлома, подземного стока вдоль горных долин, инфильтрации атмосферных осадков и ирригационных вод, а также, по-видимому, за счет поступлений воды из расположенных ниже водоносных горизонтов. Разгрузка грунтовых

Таблица 36

Изменение глубины залегания грунтовых вод в восточной части подгорной равнины, *м*

Дата	Место наблюдений	Расстояние от берега канала, *м*				
		50	150	350	1000	2000
	Южный берег					
30 марта 1962 г.	45 *км* от Душака	13,60	13,50	13,50	12,55	12,40
14 октября 1963 г.		11,72	12,07	12,60	12,77	12,23
26 февраля 1965 г.		10,93	11,30	12,07	12,56	12,19
25 ноября 1966 г.		8,24	9,21	10,94	12,28	12,10
31 декабря 1968 г.		6,60	—	9,39	11,92	11,99
31 октября 1970 г.		5,08	—	7,83	11,26	11,88
20 сентября 1972 г.		2,58	3,90	6,22	10,83	11,76
Май 1962 г.	Общее приращение уровня	11,02	9,60	7,28	1,72	0,64
Октябрь 1963 г.	10 *км* от Душака	11,70	12,20	12,20	12,10	10,00
20 марта 1966 г.		7,09	9,68	11,99	11,50	—
31 декабря 1968 г.		2,16	5,16	9,69	11,20	9,35
30 сентября 1972 г.		3,49	4,94	7,47	10,76	9,27
		2,49	4,00	6,33	10,02	9,26
	Общее приращение уровня	9,21	8,20	5,87	2,08	0,74

вод осуществляется путем оттока в Низменные Каракумы, транспирации растительностью, внутригрунтового испарения и за счет водозабора на водоснабжение. В последние годы некоторая часть грунтовых вод отводится дренажными системами.

До недавнего времени исследователи отводили ведущее место в питании грунтовых вод пролювиальной равнины подземному притоку со стороны термальной зоны Главного разлома. В последнее десятилетие данные гидрогеологических исследований показали, что доля подземного притока в пролювий незначительна (Келембет, 1969; Милькис, 1969; Калугина, 1969). Так же мала роль атмосферных осадков и подтока лежащих ниже горизонтов. Основное значение имеет инфильтрация поверхностного стока с Копетдага, а также ирригационных вод.

Однако интенсивное питание за счет этих источников происходит лишь в местах выхода на поверхность или залегания под маломощным мелкоземистым чехлом хорошо фильтрующих отложений. При наличии в зоне аэрации мощной суглинисто-глинистой толщи инфильтрация поверхностных вод ведет к формированию горизонтов или куполов ирригационно-грунтовых вод, не всегда гидравлически связанных с основным водоносным горизонтом. Но именно эти воды определяют мелиоративную обстановку на сельскохозяйственных, городских и промышленных территориях.

Наблюдения, проведенные после 1972 г., когда вода по каналу была подана до Ашхабада, позволили выявить динамику уровней грунтовых вод в полосе до 2 *км* к югу от канала и до 3 *км* — к северу от него (табл. 36).

Приведенные в табл. 36 данные показывают, что наиболее интенсивный подъем уровня грунтовых вод отмечался в полосе до 1 *км*. В большем удалении от канала он происходил достаточно равномерно. На расстоянии 2—3 *км* влияние канала минимальное, что видно и на рис. 17.

Мощная пачка легких суглинков в верхних горизонтах зоны аэрации является экраном, препятствующим интенсивной инфильтрации из канала. Поскольку Каракумский канал почти везде проложен по супесчано-суглинисто-глинистой пролювиальной равнине, то его роль в питании

Место наблюдений	Расстояние от берега канала, *м*					
	50	150	350	1000	2000	3000
Северный берег						
45 *км* от Душака	13,80	13,50	13,50	13,20	12,85	12,30
	11,83	12,24	12,76	13,23	12,76	11,97
	11,06	11,48	12,13	12,92	—	11,38
	8,20	9,41	11,02	12,50	—	10,84
	—	7,40	9,35	11,73	—	10,54
	—	—	8,45	11,26	—	9,59
	—	—	6,91	10,86	—	8,95
Общее приращение уровня	—	—	6,59	2,34	—	3,35
10 *км* от Душака	12,20	12,60	12,50	12,80	13,90	14,10
	7,12	9,67	12,01	12,54	13,96	14,12
	1,92	3,66	7,08	—	10,96	11,62
	3,19	3,88	4,94	—	7,37	—
	—	2,12	2,82	—	5,15	—
Общее приращение уровня	—	10,48	9,68	—	8,75	—

грунтовых вод невелика. По материалам гидрометрических наблюдений, на участке 505—840 *км* общие потери из канала составляют в зависимости от времени года от 6 до 7 *м*^{3}/*сек*, т. е. около 20 *л*/*сек* на 1 *км*. Подача воды Каракумского канала на орошение увеличила роль инфильтрации ирригационных вод в питании грунтовых вод.

По данным А. И. Шапиро (1959), около 30% оросительной воды поступает на пополнение запасов грунтовых вод под орошаемыми массивами.

Увеличение водоподачи на орошение сельскохозяйственных угодий и полив зеленых насаждений в населенных пунктах привели к значительным изменениям в гидрогеологической и мелиоративной обстановке. В качестве примера можно привести участок территории колхоза «40 лет Туркменской ССР» Ашхабадского района и территорию г. Ашхабада. Колхоз специализировался на выращивании овощных культур, и под орошаемым участком сформировался купол ирригационно-грунтовых вод, ухудшивших мелиоративные условия (рис. 18). Дренаж на территории колхоза еще не построен.

Территория г. Ашхабада из площади интенсивной разгрузки подземных вод превратилась в площадь интенсивного питания. С 50-х годов в городе действовала группа водозаборных скважин, обеспечивающих как хозяйственно-питьевое, так и техническое водоснабжение. Водоотбор в 1962 г. составил около 900 *л*/*сек*. В результате сформировалась депрессионная воронка глубиной до 14 *м*. С 1963 г. Ашхабад получает воду из Каракумского канала во все возрастающем количестве, а подземный водоотбор постепенно сокращается. К 1970 г. он снизился до 500 *л*/*сек*, а из канала подавалось 1500 *л*/*сек*. Одновременно увеличились площадь зеленых насаждений, протяженность ирригационной сети, водопроводных и канализационных линий, возросли потери на фильтрацию. К настоящему времени произошел подъем уровня грунтовых вод на 2—4 *м* по сравнению с его положением в 1952—1954 гг. Естественный отток явно не компенсирует возросшее питание. Строящийся вертикальный дренаж должен понизить уровень грунтовых вод на территории Ашхабада, обеспечив нормальную эксплуатацию зданий и сооружений.

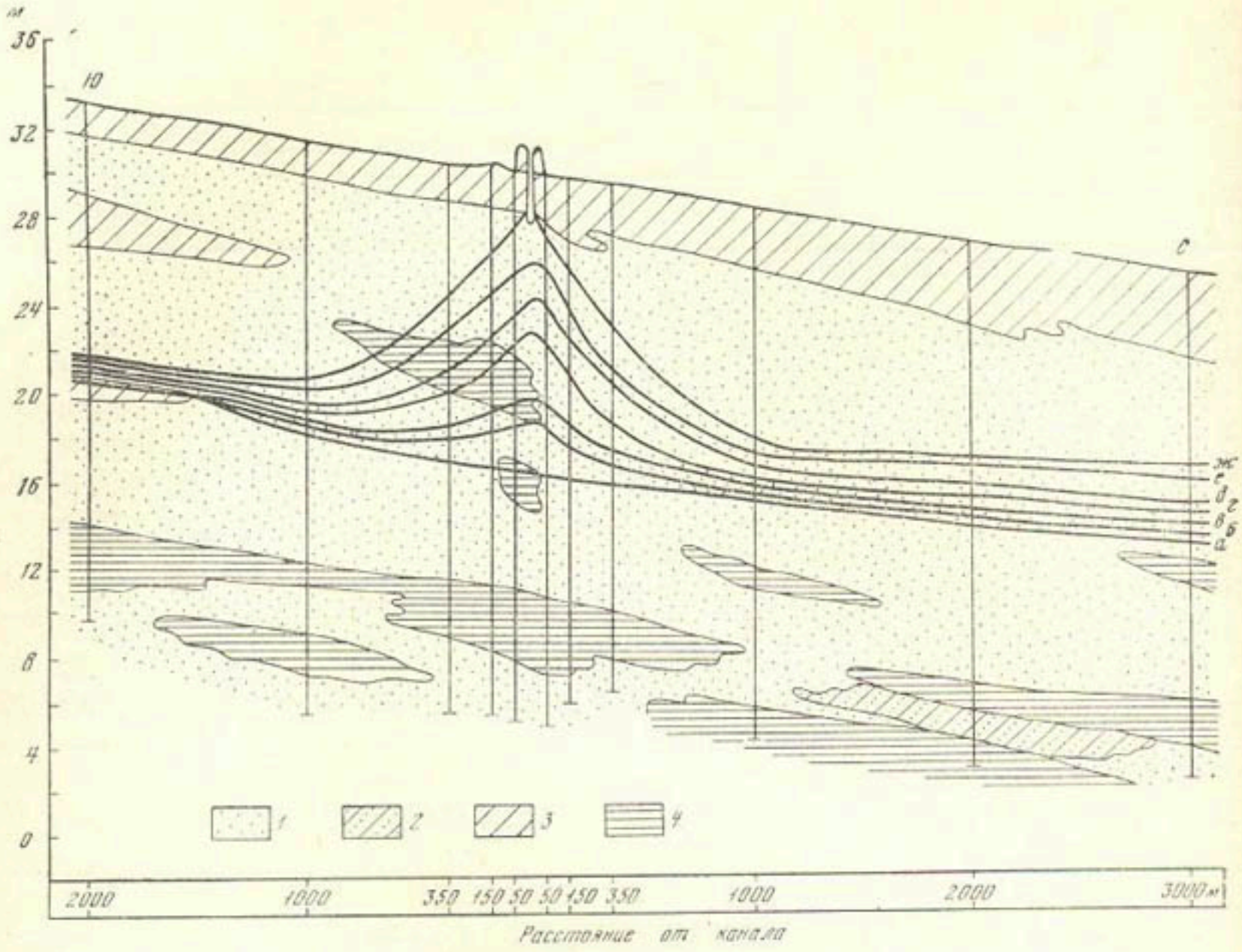


Рис. 17. Подъем уровня грунтовых вод под Каракумским каналом. Восточная окраина подгорной равнины (560-й километр)

1 — песок; *2* — суглинок легкий; *3* — суглинок тяжелый; *4* — глина. Уровень грунтовых вод: *а* — 30.III 1962 г.; *б* —14.X 1963 г. *в* —26.II 1965 г.; *г* —26.II 1966 г.; *д* —31.XII 1968 г.; *е* —31.X 1970 г.; *ж* — 20.IX 1972 г.

Опираясь на данные наблюдений по восточной части подгорной равнины, можно прогнозировать изменение гидрогеологических условий в районе строящейся части Каракумского канала (Геок-Тепе — Казанджик). Поскольку эта часть подгорной равнины по геолого-литологическим условиям сходна с восточной, можно предположить, что изменения гидрогеологических условий под воздействием вновь появляющихся искусственных источников питания будут происходить аналогично.

Прогнозная оценка влияния канала проведена по ряду створов, приуроченных к достаточно характерным в литологическом отношении участкам подгорной равнины центрального и западного Копетдага (западнее Геок-Тепе). При этом было использовано решение задачи прогноза приращения уровня в любой точке на расстоянии x от канала через время t (Аверьянов, 1956). Динамика подъема грунтовых вод у канала показана в табл. 37. Из этой таблицы видно, что наибольший подъем их уровня в зоне канала можно ожидать в первые 1—5 лет. В последующие годы приращение уровней грунтовых вод будет происходить значительно медленнее. Общая ширина полосы, в которой будет заметно влияние канала на подземные воды через десятилетие, достигнет 5—6 *км* (до 2—3 *км* по каждую сторону канала). Расчетные величины достаточно хорошо сопоставляются с фактически наблюдаемыми.

В связи с проектируемым орошением земель в зоне строящегося отрезка канала от Геок-Тепе до Кизыл-Арвата выполнены прогнозные расчеты подъема уровня грунтовых вод на площадях отдельных хозяйств. Ожидаемый подъем уровня в первые один—три года при отсутствии искусственного дренажа предполагается от 0,6—0,67 до 4,89—5,75 *м/год* в

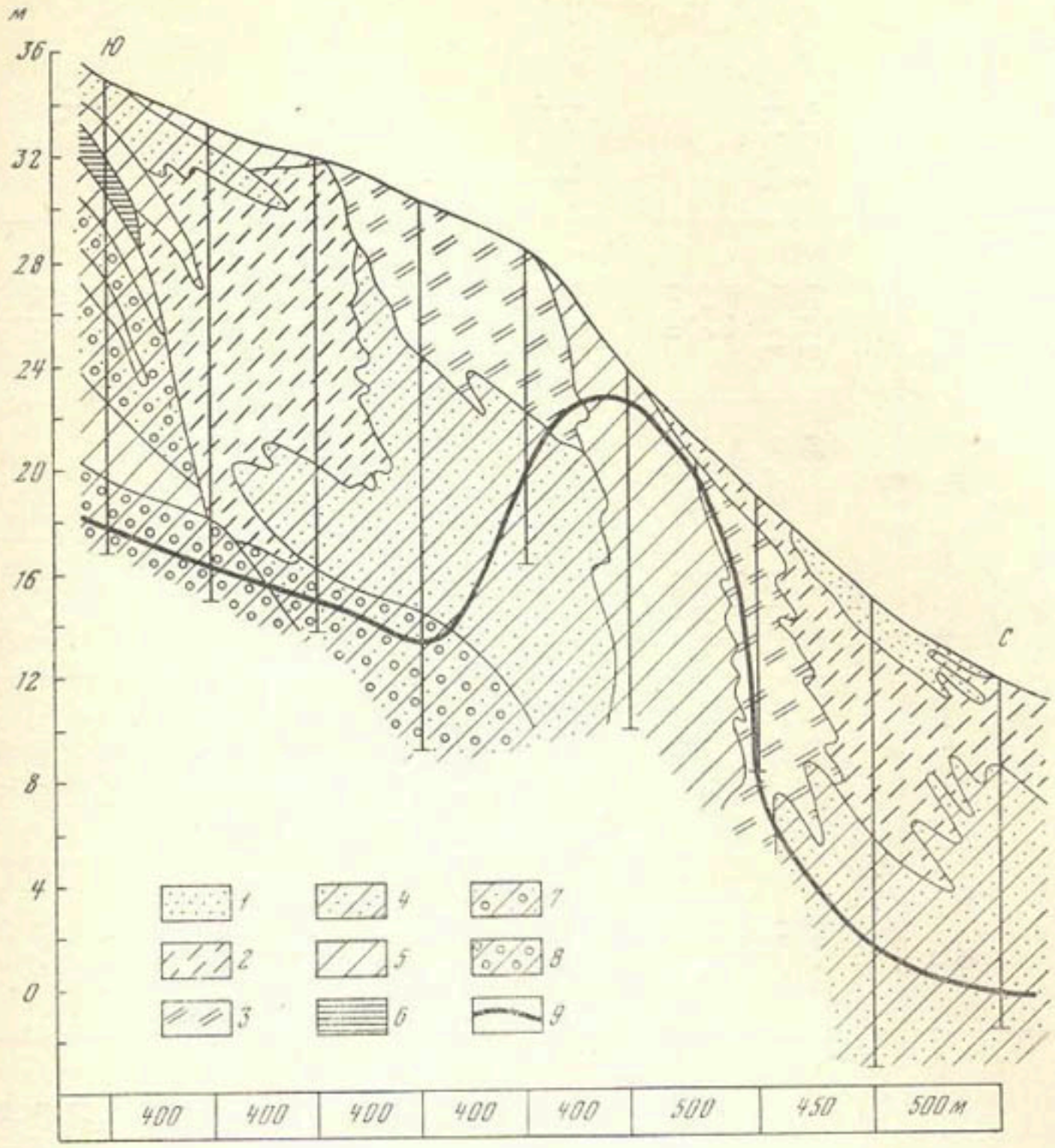


Рис. 18. Гидрогеологический профиль. Орошаемый массив колхоза «40 лет Туркменской ССР» Ашхабадского района

1 — песок; *2* — супесь легкая; *3* — супесь тяжелая; *4* — суглинок легкий; *5* — суглинок тяжелый; *6* — глина; *7* — гравийно-галечники с легкосуглинистым заполнителем; *8* — гравийно-галечники с тяжелосуглинистым заполнителем; *9* — уровень грунтовых вод на ноябрь — декабрь 1971 г.

зависимости от природной обстановки и естественной дренированности территории. При этом формирование куполов ирригационно-грунтовых вод будет происходить быстрее, чем их растекание.

Особенности литологического строения зоны аэрации орошаемых (в перспективе) массивов таковы, что формирование верховодок на слабопроницаемых прослоях возможно еще до смыкания фильтрационного потока с основным горизонтом грунтовых вод. Произведенные И. Б. Корсунской и В. Т. Черновал (1971) расчеты возможной мощности верховодки, образующейся под влиянием промывных поливов в осенне-зимнее время (в течение одного-двух месяцев), показали, что мощности локально развивающихся горизонтов могут достигать 3,13—5,70 *м*; полная сработка (перетекание в нижние слои) верховодок до начала предпосевных поливов будет происходить не повсеместно. Мелиоративная обстановка, очевидно, будет определяться прежде всего подземными водами.

Рассмотрим теперь режим грунтовых вод, формирующийся под влиянием различных факторов. В зонах с нарушенными гидрогеологическими условиями естественный режим цикличный, компенсированный. Компенсация притока происходит либо за счет только оттока, либо за счет

Таблица 37

Прогноз изменения глубины залегания грунтовых вод, *м*

Расстояние от канала, *м*	Южный берег					Северный берег					Средневзвешенное по разрезу значение коэффициента фильтрации ($K_ф$) и недостатка насыщения зоны аэрации (μ)
	начальная глубина	через 1 год	через 5 лет	через 10 лет	общее приращение уровня	начальная глубина	через 1 год	через 5 лет	через 10 лет	общее приращение уровня	
Центральная часть подгорной равнины, 15 *км* к западу от Баха рдена											
200	30,00	9,40	6,60	6,05	23,95	40,00	30,85	24,25	22,80	17,20	$K_ф$=0,2 *м/сут*
400	30,00	11,80	9,30	7,30	22,70	39,00	32,25	27,35	22,00	17,00	μ=0,15
1000	30,50	25,20	16,70	14,30	16,20	40,00	40,00	37,90	34,64	5,36	
2000	30,50	30,16	24,00	22,00	8,50	31,50	31,50	31,50	30,90	0,60	
3000	31,00	31,60	29,40	27,22	3,78	26,00	26,00	26,00	26,00	0,00	
Центральная часть подгорной равнины, район Бами											
200	20,50	11,40	3,25	1,00	19,50	22,50	16,16	10,55	9,00	13,50	$K_ф$=0,1 *м/сут*
400	21,00	19,55	11,34	7,50	13,50	22,00	20,90	14,60	11,93	10,07	μ=0,15
600	21,00	20,91	15,64	12,60	8,40	21,00	20,92	16,37	13,47	7,53	
800	21,50	21,50	19,26	15,70	5,80	20,00	20,00	17,89	14,30	5,70	
1000	22,50	22,50	21,67	19,40	3,10	19,50	19,50	18,62	16,16	3,34	
Западная часть подгорной равнины, район Искандер											
200	8,00	5,60	5,15	5,06	2,94	9,50	3,80	2,75	2,50	7,00	$K_ф$=1,0 *м/сут*
400	8,50	7,98	7,73	7,66	0,84	8,50	3,55	1,20	0,50	8,00	μ=0,05
1000	—	—	—	—	—	7,50	5,81	0,10	0,00	7,50	
2000	—	—	—	—	—	8,00	8,00	4,92	1,80	6,20	
3000	—	—	—	—	—	8,50	8,50	7,92	5,97	2,53	
Западная оконечность подгорной равнины, район Казанджика											
200	19,60	12,53	7,00	3,80	15,80	20,00	13,05	6,30	—	13,70	$K_ф$=0,43 *м/сут*
400	20,00	19,63	13,55	10,20	9,80	20,20	19,84	13,87	—	6,33	μ=0,15
1000	20,40	20,40	19,90	18,17	2,23	20,00	20,00	19,50	—	0,50	
2000	24,00	24,00	24,00	23,98	0,02	20,00	20,00	20,00	—	0,00	

оттока и испарения. Первое происходит на территории с глубоким (более 3—5 *м*) залеганием грунтовых вод, второе — на солончаках, когда подземный отток явно недостаточен, а величина испарения весьма значительна.

При нарушении естественных гидрогеологических условий режим грунтовых вод практически всегда становится положительно декомпенсированным. Пульсация уровня отражает периодичность питания, влияние климатических факторов. По достижении уровнем грунтовых вод глубин, соизмеримых с высотой капиллярного поднятия в породах, слагающих зону аэрации (3—5 *м* и меньше), режим их преобразуется в цикличный компенсированный. В таких условиях наблюдается ухудшение мелиоративной обстановки за счет развития вторичного засоления почво-грунтов и нередко заболачивания территорий.

Природные комплексы

На Северной подгорной равнине Копетдага выделяются три природных пустынных комплекса, закономерно сменяющие друг друга вниз по уклону равнины: щебнисто-супесчано-суглинистая, супесчано-суглинистая и песчано-суглинистая пустыни.

Щебнисто-супесчано-суглинистая пустыня развита на подгорном шлейфе. Она протягивается узкой полосой вдоль передового хребта Копетдага. Здесь сочетаются головные, наиболее крутые, участки конусов выноса и пролювиально-дельтовые шлейфы. Сложность устройства поверхности увеличивается эрозионным расчленением. Долины постоянных и временных водотоков врезаны на глубину до 10 *м*, а иногда и больше. В пределах этой территории преобладают грубообломочные отложения. Грунтовые воды залегают на глубине 30—50 *м*, минерализация их не превышает 3 *г/л*. В растительном покрове господствует полынь, весной широко развиты эфемеры, преимущественно пырейно-мятликовые сообщества. Они формируют очень густой травостой, проективное покрытие весной во время вегетации может превышать 90%. В почвенном покрове преобладают светлые щебнистые сероземы с хорошо развитой дерниной и примитивные сероземы.

Супесчано-суглинистая пустыня занимает центральную часть подгорной равнины и по сравнению с другими природными комплексами имеет наибольшую площадь. Интенсивность процессов сноса здесь заметно ослабевает, вследствие чего конусы выносов теряют морфологическую выраженность, сливаются и незаметно переходят один в другой. Поверхность изрезана густой сетью временных водотоков. Глубина русел незначительная, обычно не больше 0,5 *м*. Грунтовые воды залегают в основном на глубине, превышающей 5 *м*, лишь на отдельных участках они поднимаются близко к поверхности и могут послужить причиной образования солончаков. Минерализация грунтовых вод — 5 — 10 *г/л*. В растительном покрове господствуют ассоциации с преобладанием полыни. В почвенном покрове распространены такыровидные и опесчаненные такыровидные почвы, встречаются также такыры и такырные солончаки, а в южной части супесчано-суглинистой пустыни — светлые и примитивные сероземы.

Песчано-суглинистая пустыня располагается вдоль северной окраины подгорной равнины. Поверхность ее почти плоская, эрозионное расчленение практически отсутствует. Аллювиально-пролювиальный материал, поступающий в эту часть равнины, представлен тяжелыми суглинисто-глинистыми разностями. Местами поверхность осложнена эоловыми образованиями — грядами, буграми или их группами. Весенние воды образуют обширные мелкие озера, сохраняющиеся иногда в течение нескольких месяцев. Грунтовые воды залегают на глубине меньше 5 *м*; они сильно минерализованы, местами до 50 *г/л*. В растительном покрове

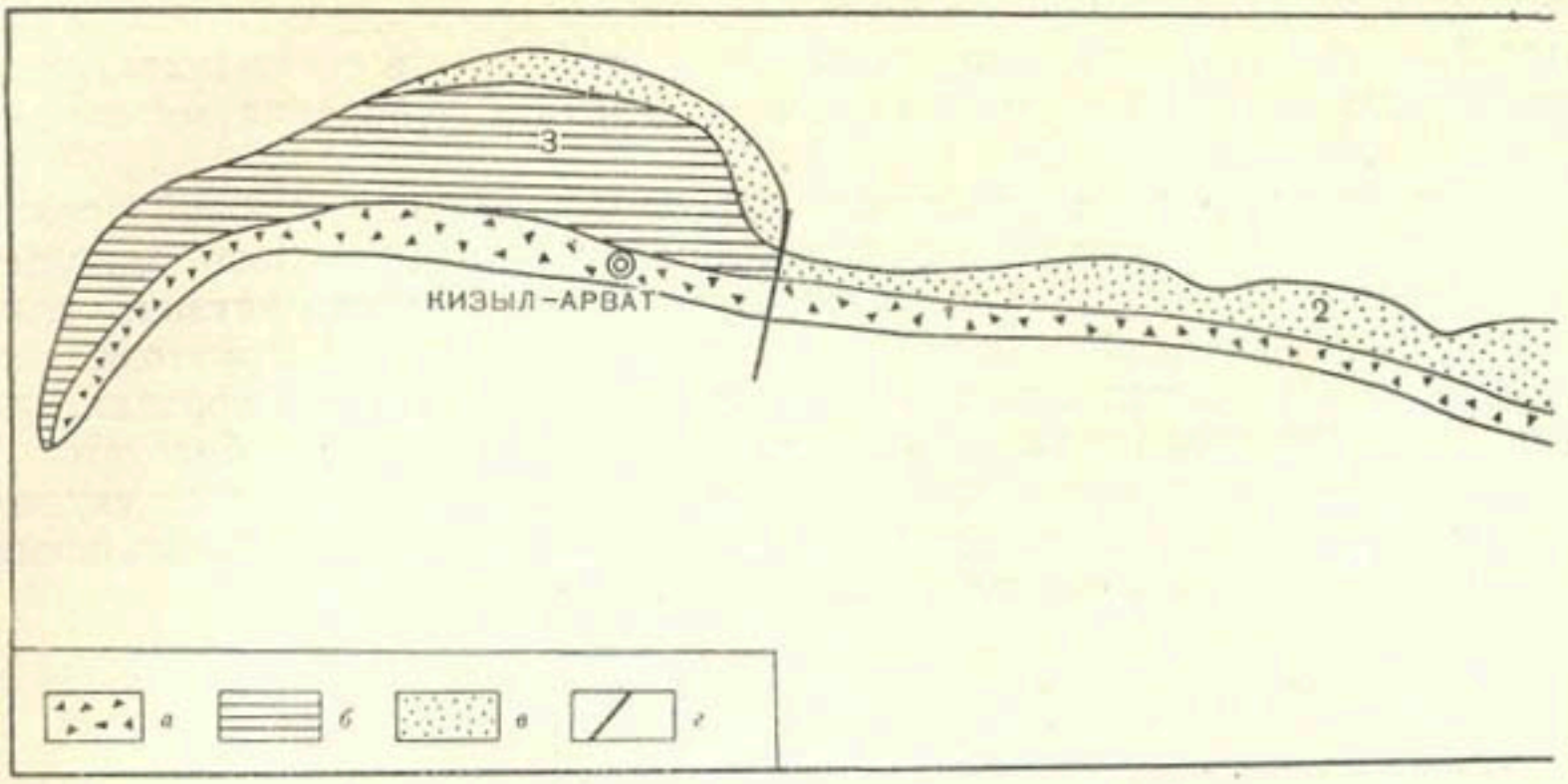


Рис. 19. Природно-мелиоративные районы и природные комплексы подгорной равнины северного склона Копетдага

Районы (цифры на схеме): *1* — Восточный; *2* — Центральный; *3* — Западный.
а — пустыня щебнисто-супесчано-суглинистая; *б* — то же, супесчано-суглинистая; *в* — то же, песчано-суглинистая; *г* — границы районов

выделяются три самостоятельные формации — песчаная, такыровая и солончаковая. Среди почв преобладают песчано-пустынные и такыры. Местами встречаются солончаки; они развиваются там, где сильно минерализованные грунтовые воды подходят близко к поверхности.

Природно-мелиоративные районы

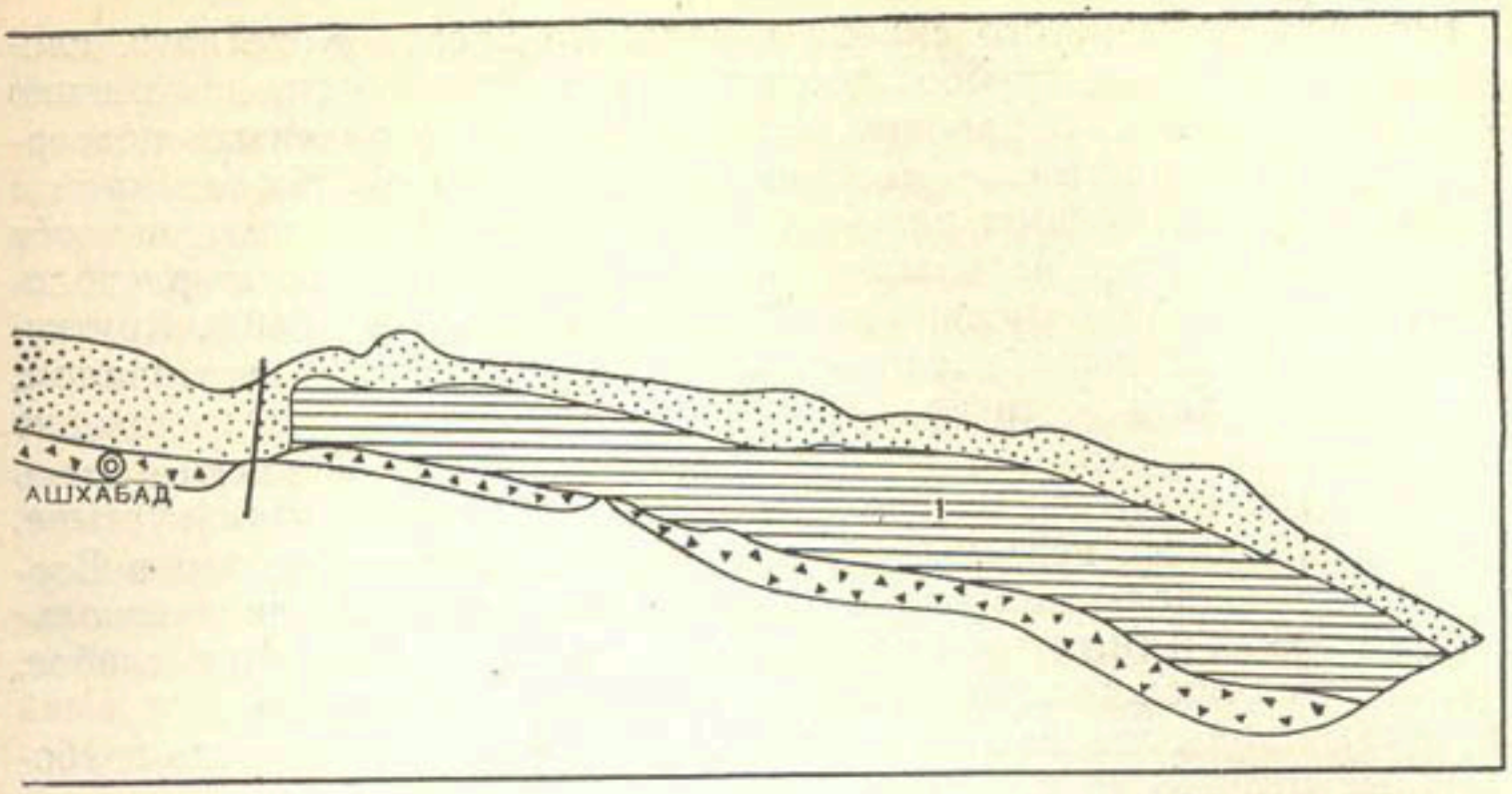
Восточная, центральная и западная части подгорной равнины характеризуются неодинаковым сочетанием распространенных в них природных комплексов. Это определяет возможности и характер их сельскохозяйственного использования, а также тип и интенсивность необходимых мелиораций. Указанные различия и положены в основу природно-мелиоративного районирования равнины (рис. 19).

Восточный район (*1*) общей площадью в 860 тыс. *га* тянется полосой протяженностью в 240 *км* и шириной от 25 до 40 *км* от западной окраины дельты Теджена до меридиана железнодорожной станции Аннау.

Этот район имеет наибольшую площадь земель, пригодных для освоения. Однако мелиоративные условия в нем неблагоприятны: в центральной части его грунтовые воды на больших площадях располагаются очень близко к поверхности. В этом районе, как и во всех остальных, освоению земель должен предшествовать цикл мероприятий по понижению уровня грунтовых вод.

Около 15% общей площади района (130 тыс. *га*) приходится на щебнисто-супесчано-суглинистую пустыню, занимающую в его южной части полосу шириной от 1 до 7 *км*. Грунтовые воды в основном пресные (0,6—0,8 *г/л*) и залегают глубже 25—30 *м*. Вследствие глубокого их залегания и хорошей водопроницаемости грунтов, слагающих бóльшую часть территории (коэффициент фильтрации 0,5—15 *м/сут*), дренированность этой части района хорошая.

Ввиду сильной расчлененности территории района здесь прежде всего следует развивать садоводство, виноградарство, овощеводство, применяя полив дождеванием. Площадь пригодных для первоочередного освоения земель составляет примерно 50 тыс. *га*, возможный коэффициент земельного использования — 0,4. При освоении этих земель необходимо проведение противоэрозионных мероприятий.



В центральной части района расположена супесчано-суглинистая пустыня. Этот природный комплекс занимает полосу, ширина которой достигает на востоке 25 *км*, на крайнем западе она выклинивается. В верхних горизонтах рыхлых отложений преобладают суглинки. Поверхность ровная (уклоны — 0,002—0,004), широко развиты такыры. Эрозионное расчленение слабое. Грунтовые воды залегают в основном на глубине более 5 *м*.

В юго-восточной части супесчано-суглинистой пустыни протягивается полоса солончаков шириной до 5 *км*, где грунтовые воды поднимаются до корнеобитаемого слоя, а весной иногда выступают на поверхность и образуют соленые лужи. Минерализация грунтовых вод здесь возрастает до 50—80 *г/л*.

В супесчано-суглинистой пустыне условия рельефа благоприятны для развития хлопководства. Здесь возможен поверхностный полив. Вследствие слабой естественной дренированности и близкого залегания минерализованных грунтовых вод необходим искусственный дренаж, особенно в полосе солончаков. В зависимости от местных условий он может быть и вертикальным, и горизонтальным (Дубинская, 1969).

Площадь, пригодная для первоочередного освоения, достигает примерно 400 тыс. *га*, возможный коэффициент земельного использования— 0,7.

Вдоль северной границы района протягивается полоса песчано-суглинистой пустыни шириной от 5 до 15 *км*, которая сформировалась вследствие навевания песков на окраину подгорной равнины и представляет собой сочетание песчаных гряд с выровненными такыровыми поверхностями. При сельскохозяйственном использовании этой подкомандной каналу территории, кроме дренажа, потребуются мероприятия по закреплению песков. Возможное направление сельского хозяйства в этой части района — полеводство. Площадь, пригодная для первоочередного освоения, — 85 тыс. *га*, возможный коэффициент земельного использования — 0,5.

Центральный район (*2*) общей площадью в 360 тыс. *га*, протягивающийся от меридиана железнодорожной станции Аннау до восточной оконечности хр. Кюрендаг, занимает самую узкую часть подгорной равнины. Небольшая ширина ее на этом отрезке объясняется не только относительно малым количеством поступающего с Копетдага материала, но и интенсивностью эоловых процессов. Почти половина аллювиально-пролювиальной равнины погребена под плащом навеянных песков, причем отдельные языки их доходят до подгорного шлейфа. Поэтому в районе выделяются лишь щебнисто-супесчано-суглинистая и песчано-суглинистая пустыни.

С высокого обрывистого склона передового хребта Копетдага, сложенного известняками, грубообломочный материал беспрепятственно поступает на подгорную равнину, формируя хорошо развитый подгорный шлейф, ширина которого местами превышает 10 *км*. На западной и восточной окраинах района размеры подгорного шлейфа уменьшаются вдвое. Многочисленные небольшие долины, верховья которых расположены на Копетдаге, интенсивно расчленяют подгорный шлейф. Крутизна склонов конусов выноса, сложенных грубообломочным материалом, даже в средней части достигает 0,02—0,05, а в вершинах иногда доходит до 0,1. Благодаря хорошей естественной дренированности развитые здесь светлые сероземы обычно незасолены. В песчано-суглинистой пустыне, обрамляющей шлейф, песчаные образования развиты шире, чем в Восточном районе. Отдельные массивы песков занимают площадь в несколько десятков квадратных километров. Эрозионное расчленение слабое, что объясняется прежде всего малой энергией водных потоков.

Грунтовые воды залегают на глубине 25—35 *м*. В полосе, где грубообломочные отложения подгорного шлейфа замещаются супесчано-суглинистой толщей собственно аллювиально-пролювиальной равнины наблюдается повышение их уровня до 5—10 *м*. Вдоль северной границы района также фиксируется некоторое повышение уровня грунтовых вод. Минерализация их колеблется от 1—2 *г/л* в южной части песчано-суглинистой пустыни до 20—30 *г/л* — в северной. На участках с неглубоким залеганием грунтовых вод минерализация их увеличивается до 50 *г/л*.

В настоящее время вблизи Ашхабада созданы пригородные хозяйства, которые используют для орошения воду из канала. Одним из крупнейших водопотребителей является сам город. Как уже указывалось, на его территории и в ближайших окрестностях произошел быстрый подъем уровня грунтовых вод, потребовавший строительства вертикального дренажа. Кроме строительства коллекторно-дренажной сети, в районе следует предусмотреть проведение комплекса мероприятий по закреплению песков, особенно вблизи северной окраины равнины.

Центральный район по сравнению с другими районами Северной подгорной равнины имеет наименее благоприятные условия для организации крупных хлопководческих хозяйств, так как пригодные для полеводства земли расположены здесь относительно небольшими массивами. Наиболее перспективными отраслями сельского хозяйства в щебнисто-суглинисто-супесчаной пустыне являются садоводство, виноградарство, овощеводство, а в песчано-суглинистой пустыне — полеводство. Площади, пригодные для первоочередного освоения, достигают соответственно 50 и 85 тыс. *га*, а возможный коэффициент земельного использования — 0,3 и 0,4.

Западный район (*3*) общей площадью в 430 тыс. *га* включает территорию от западной оконечности хр. Кюрендаг до границы Гяурлинского района Юго-Западной Туркмении. Бо́льшая часть ее занята супесчано-суглинистой пустыней. Щебнисто-супесчано-суглинистая пустыня протягивается полосой шириной от 2 до 7 *км*. Песчано-суглинистая пустыня окаймляет северо-восточную границу района.

В поверхностных горизонтах щебнисто-супесчано-суглинистой пустыни отмечается в небольшом количестве щебнисто-галечный материал. Расчленение рельефа умеренное. Уклоны поверхности в целом меньше, чем в Центральном районе, но все же достигают 0,02—0,04. Грунтовые воды лежат на глубине 25—50 *м*. Минерализация их невысокая — 1—5 *г/л*.

В сложении супесчано-суглинистой пустыни большое участие принимают суглинистые и глинистые разности, продукты размыва палеогеновых глин Копетдага. Рельеф исключительно плоский, уклоны поверхности в центральной части этого комплекса не превышают 0,003—0,004, у северной окраины — 0,0005—0,001. Грунтовые воды залегают на глубине 10—30 *м*, минерализация их довольно постоянная — 15—20 *г/л*.

Лишь на самой окраине района встречаются воды с минерализацией более 50 *г/л*.

Бóльшая часть супесчано-суглинистой пустыни располагается в восточной половине района в пределах Кизыларватского конуса выноса. Меньшая, западная, часть занимает территорию подгорной равнины хр. Кюрендаг. Аллювиально-пролювиальный материал поступает в эту часть подгорной равнины из небольших долин, поэтому крупных морфологически выраженных конусов выноса здесь не наблюдается.

Основное эрозионнсе образование Кизыларватского конуса выноса— русло Аджи-Дере и его продолжение — овраг Аулы. Кроме того, поверхность изрезана серией небольших веерообразно расходящихся русел временных потоков; некоторые из них берут начало в горах, а другие сформированы на поверхности Кизыларватского конуса. Глубина их вреза редко превышает 0,5—1 *м*, но в западной части, на границе с песками, имеется участок, где долины врезаны на глубину до 10 *м*.

В формировании рельефа днища Данатинского коридора принимают большое участие эоловые процессы. Об этом свидетельствуют развитые на площадях в несколько десятков квадратных километров многочисленные бугры навевания (томмоки), подробно описанные Т. П. Грязновой (1970). Эти формы обязаны своим происхождением ветрам северо-восточного и юго-западного направлений.

Песчано-суглинистая пустыня, где сочетаются глинистые такыры и песчаные образования, развита очень узкой полосой. На такырах, по границе с песками, весной формируются временные озера. Одно из них — оз. Чекрок — существует ежегодно почти до осени.

В Западном районе в еще большей степени, чем на остальной территории подгорной равнины Копетдага, развитие земледелия сдерживалось отсутствием стабильных источников орошения. Так, в пределах Кизыл-Арватского и Казанджикского административных районов в 1971 г. орошалось 935 *га*, а в 1972 г. — 1099 *га*.

Для первоочередного освоения пригодна лишь восточная часть района. Здесь в пределах Кизыларватского конуса природные условия позволяют создать единый орошаемый массив на площади более 150 тыс. *га*. На подгорной равнине Кюрендага условия для земледельческого освоения значительно хуже вследствие сильной засоленности почв и трудности их мелиораций, а также из-за особенностей климата — большой повторяемости сильных ветров. В целом площадь, пригодная для первоочередного освоения, достигает 200 тыс. *га*. Она распределяется между природными комплексами района следующим образом: на щебнисто-супесчано-суглинистую пустыню, включая Кизыларватский конус и подгорную равнину хр. Копетдаг, приходится 20 тыс. *га*, на супесчано-суглинистую пустыню — 160 тыс. *га* и на песчано-суглинистую — 20 тыс. *га*. Возможные коэффициенты земельного использования достигают соответственно 0,3—0,4, 0,6 и 0,4. В пределах первого комплекса возможно развитие садоводства, виноградарства и овощеводства, в пределах двух других — хлопководства.

Поскольку на подгорной равнине Копетдага под орошаемое земледелие освоено пока лишь два земельных массива — Гяурский и Ашхабадский, то изменение ее природных условий в настоящее время происходит в основном под влиянием непосредственно вод канала, а не орошения. Если изменения в характере и режиме грунтовых вод проявляются, как указывает Ф. Ф. Файнберг (1973), в полосе шириной до нескольких километров, то изменения в степени увлажнения почв и характере растительного покрова прослеживаются в полосе шириной лишь в несколько сотен метров. При продолжении Каракумского канала через всю территорию подгорной равнины и ее сельскохозяйственном освоении основные изменения в природе и мелиоративной обстановке произойдут, как в Мургабском и Тедженском оазисах, также под влиянием

орошения. Для первоочередного освоения без коренных мелиораций здесь может быть рекомендовано не менее 870 тыс. *га*, причем 750 тыс. *га* удобны для полеводства, в том числе и хлопководства, а 120 тыс. *га* могут использоваться под садоводство, виноградарство и овощеводство.

РАВНИНЫ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ТУРКМЕНИИ

На обширных равнинах Юго-Западной Туркмении повсюду наблюдается дефицит водных ресурсов. Поэтому земледелие развито на них очень слабо; водами Атрека орошается всего около 4000 *га* земель, расположенных в его долине. Вместе с тем даже предварительные расчеты показывают, что в случае подачи достаточного количества воды здесь можно использовать под орошаемое земледелие сотни тысяч гектаров.

История земледельческого освоения

Земледельческое освоение Юго-Западной Туркмении началось около 4 тыс. лет назад. Наиболее интенсивно осваивалась Мессарианская равнина — земли в древней дельте Атрека. На этой территории, занимающей около 2,5 тыс. $км^2$, известны следы множества древних поселений. Согласно данным В. М. Массона (1969), в интенсивном хозяйственном освоении Мессарианской равнины выделяются три периода, причем в каждом из них население концентрировалось в определенных ареалах. В конце II — первой половине I тысячелетия до н. э. были заселены юг и юго-восток равнины, в античное время — ее западная и частично центральная части, а в средние века (до XV в.) — восточная и центральная. Для всех трех периодов было характерно широкое развитие земледелия.

При засушливости климата Юго-Западной Туркмении развитие земледелия без применения искусственного орошения было невозможно. По утверждению В. М. Массона (там же), основным источником воды, использовавшейся древними земледельцами для орошения Мессарианской равнины, служила развитая сеть каналов, питавшихся из рек Сумбара и Атрека. Однако исследования, проведенные Среднеазиатской экспедицией Института географии АН СССР в 1971—1973 гг., показали, что сложная веерообразная система валов, расположенных на всей площади раннехвалынской дельты Атрека, представляет собой не следы каналов, а реликты протоков древней дельты. Водоснабжение и орошение осуществлялось не единой ирригационной системой, а небольшими местными оросительными системами. Следы их встречаются на Мессарианской равнине и могут быть закартированы. Таким образом, для орошения рассматриваемой территории использовался местный сток, а не сток Атрека или Сумбара (Корнилов, Тимошкина, 1971).

Изучение следов древних оросительных систем показало также, что существовало несколько типов орошения, приуроченных к определенным ареалам. Так, на юго-востоке, вблизи предгорий западного Копетдага, ирригационные системы улавливали линейный сток ручьев, стекающих с западного склона Копетдага. В центральной части Мессарианской равнины оросительные системы использовали воды, собранные с отакыренных понижений. Водоснабжение древнего г. Дахистан (Мессериан) осуществлялось путем сбора вод линейного или плоскостного стока с поверхности такыров, развитых к востоку и северо-востоку от города. Собранная вода аккумулировалась в водохранилищах, крепостном рву и наливных колодцах. Исходя из особенностей устройства оросительных систем и возможного объема поверхностного стока, нельзя предполагать, что на юго-западе этими системами орошались очень большие площади.

После XV в. земледелие на территории Юго-Западной Туркмении пришло в упадок. Кочевые племена, жившие здесь впоследствии, занимались преимущественно скотоводством.

В первой половине XIX в. в Юго-Западной Туркмении существовало лишь несколько небольших очагов земледелия: в дельте Атрека, на о. Айдак и на подгорной равнине Большого Балхана. Выращивались пшеница, рис, кукуруза, просо, хлопчатник, джугара, дыни, огурцы (Карелин, 1883).

В 30—40-е годы XX в. земельные угодья располагались в современной дельте Атрека, на северной подгорной равнине Копетдага, в долинах и на подгорной равнине Большого Балхана, на южной окраине Чильмамедкумов и Каракумов, по восточной окраине прикаспийских песков и вдоль южной окраины песков Мешхедкум. Кроме того, пашни были и в горной части региона, например, в долинах Сумбара, Чендира, Терсаккана, а также на расположенных вблизи долин плоских участках водоразделов (Линчевский, 1935). На этих участках было развито богарное земледелие.

Кроме регулярного орошения, базировавшегося на подземных водах, местное население применяло орошение лиманного типа, эффективно используя дождевые и селевые воды. Нерегулярность стока заставила выработать ряд приемов, которые позволяли получать урожай при минимальных затратах труда. Так, в низовьях Атрека посев риса производился весной по лужам, причем никакой обработки ни до посева, ни после него не производилось. На участках, освободившихся от паводковых вод, разбрасывались семена ячменя или пшеницы, заметавшиеся затем в трещины.

В предгорных районах посевы производились аналогичным образом на подсохшей поверхности селевых отложений. В некоторых местах после впитывания воды в почву участки перепахивались (такие участки известны к западу от Мешхедского песчаного массива, где в широких котловинах и оврагах скапливаются дождевые и селевые воды). На границах подгорных такыровых равнин и приморских песков, где застаиваются селевые воды, отдельные территории обваловывались, и вода направлялась на них по системе каналов. Орошение селевыми водами было почти гарантированным. Так, по сообщению В. Н. Кунина, у восточной окраины песчаного массива Гейрджаны, на берегу оврага Геок-Секмен, располагался массив в несколько сотен гектаров, орошавшийся селевыми водами, поступавшими по руслу оврага. По рассказам местных жителей, за 40 лет воды не было лишь один раз.

В горной части Юго-Западной Туркмении, кроме орошаемого земледелия в долинах, было широко развито богарное земледелие. На Большом Балхане и западном Копетдаге в 30—40-е годы XX в., кроме зерновых (пшеницы, ячменя и кукурузы), выращивались бахчевые и плодовые культуры, а также хлопчатник, делались попытки культивировать каучуконосы, в частности гваюлу.

В настоящее время по-прежнему существуют два земледельческих района — равнинный и горный. Земледелие в равнинной части базируется почти исключительно на приатрекской ирригационной системе. В 1970 г. орошаемая посевная площадь достигала 4265 *га*. Вопреки распространенному представлению о том, что сельское хозяйство специализируется здесь на субтропическом растениеводстве, распределение площадей под орошаемые культуры в 1970 г. было следующим: на зерновые (пшеницу и ячмень) приходилось 77% посевной площади, на кукурузу — 8, люцерну — 5, бахчевые — 4, плодовые культуры — 4 и на овощные культуры — 2%.

Субтропическое растениеводство значительно шире развито в горной части Юго-Западной Туркмении, особенно в долине Сумбара. Здесь на орошаемых землях расположены виноградники, сады, в которых культивируются яблони, айва, вишня, инжир, гранат, маслины. Растут в диком виде и начали культивироваться грецкий орех, миндаль, фисташка, алыча, груша. Небольшие площади заняты под посевы хлопчатника.

Характеристика геологического строения, рельефа и подземных вод

Равнины Юго-Западной Туркмении отличаются от Северной подгорной равнины Копетдага относительно большей выположенностью поверхности и меньшей ее расчлененностью, более тяжелым механическим составом отложений, более высокой минерализацией и меньшей динамичностью грунтовых вод.

Геологическое строение и рельеф. Основными орографическими элементами Юго-Западной Туркмении являются низкогорная окраина западного Копетдага и южная часть Западно-Туркменской равнины.

Четвертичные отложения, слагающие равнину, относятся к континентальным и морским.

Континентальные отложения мощностью 10—20 *м* образованы комплексом пролювиальных и делювиально-пролювиальных, аллювиальных, аллювиально-дельтовых, эоловых песков, супесей, суглинков и реже глин. Комплекс морских отложений бакинской, хазарской, хвалынской и новокаспийской трансгрессий представлен песками, супесями, суглинками и глинами. Отложения хвалынского моря, доходившего до 47—48 *м* абс. высоты, покрывают значительную часть территории Юго-Западной Туркмении. В них преобладают пески, супеси, суглинки при небольшом участии глин. Новокаспийские отложения, состоящие из песков с большой примесью ракушечника, иногда алевролитов, редко глин, развиты узкой полосой вдоль берега Каспия. Они залегают до высоты 22 *м* и обычно сильно засолены. Современные морские песчаные отложения занимают узкую полосу вдоль береговой линии до высоты 2 *м* над современным уровнем Каспия (Федоров, 1957).

Рельеф равнинных областей разнообразен по своему генезису. Выделяются делювиально-пролювиальная, пролювиальная, аллювиально-пролювиальная, аллювиально-дельтовая и морская равнины.

Делювиально-пролювиальная и аллювиально-пролювиальная подгорные, наклонные равнины начинаются от западной оконечности хр. Кюрендаг и протягиваются на юг до долины Сумбара и дельт Атрека. Они заметно отличаются от аллювиальных образований северного склона Кюрендага по морфологии рельефа и литологическому составу отложений. Подгорная пролювиальная равнина западного Копетдага формируется за счет сноса материала с его низкогорья, сложенного рыхлыми песчано-глинистыми породами палеогена и неогена. Такой характер литологии области сноса объясняет относительное однообразие механического состава отложений — преимущественно суглинков с небольшой примесью песков, супесей и глин.

Подгорную равнину западного Копетдага можно разделить на два участка: северный и южный. Граница между ними проходит по долине Кемен-Дере. Северный участок формируется главным образом за счет материала, поступающего по долинам Гяура, Тенгира, Аджи-Дере и Кемен-Дере, берущим начало на Копетдаге. Абсолютная высота этого участка равнины у подножия Копетдага равна 100—150 *м*. Уклон поверхности уменьшается по направлению на запад от 0,005 — до 0,001. Основным элементом рельефа этой территории являются дендровидные системы русел временных водотоков, которые обычно имеют плоское днище шириной от 1 до 5—8 *м* и отвесные борта высотой от 0,5 до 1—3 *м*. У южной границы северного участка расположена равнина Чоганлы, отделенная от остальной территории массивом навеянных бугристых песков. Она сформирована за счет материала, вынесенного по долине Кемен-Дере. Выйдя из предгорий, долина Кемен-Дере разбивается на серию небольших русел глубиной 0,5 *м*, блуждающих по равнине Чоганлы.

Южный участок подгорной равнины характеризуется более сложным устройством поверхности и значительным развитием пролювиаль-

но-делювиальных отложений. Причиной этого является, очевидно, песчаный массив Мешхедкумы, вытянутый вдоль западной границы равнины. Он перегораживает пути сноса материала, поступающего с Копетдага. В результате здесь происходит интенсивная аккумуляция продуктов разрушения. Территория расчленена оврагами, для которых характерен глубокий (15—20 *м*) врез. Овраги имеют плоское днище и вертикальные склоны, в их продольном профиле выделяются четко выраженные уступы. Кроме крупных оврагов, поверхность расчленяют небольшие ложбины и бессточные котловины, а также невысокие холмы. Среди рыхлых отложений преобладают песчано-супесчаные разности.

Южная окраина этого участка равнины полого понижается в сторону Атрека (уклон 0,005—0,002). Высоты уменьшаются от 130—140 *м* на севере до 80 *м* на юге. Глубина эрозионного расчленения редко превышает 1,5 *м*.

Самую южную часть Юго-Западной Туркмении занимают дельты Атрека. Наиболее древняя среднечетвертичная дельта образует грядовый и крупногрядовый песчаный массив Мешхедкумы (Богданова, 1960б). Более молодая дельта, сформированная в раннехвалынское время, представляет собой обширную пологоволнистую равнину со слабым наклоном (в среднем 0,004) на запад и север. В ее восточной части преобладают тонкозернистые пески и супеси, чередующиеся с суглинками. Мощность песков превышает 40 *м*. Для них характерна высокая пористость, обогащенность карбонатами, сильная пылеватость и лёссовидность. Западная часть дельты сложена зеленовато-серыми слоистыми глинами и суглинками мощностью от 5—8 до 20 *м* (Мальцев, 1962). Дельтовые отложения подстилаются комплексом морских тонкозернистых пылеватых песков серовато-желтого цвета.

Эрозионное расчленение раннехвалынской дельты невелико. Лишь современная долина Атрека врезана на глубину от 10 до 40 *м*. Долина р. Кельтегей — небольшого временного водотока в южной части дельты протяженностью около 40 *км* — местами врезана на 1—2 *м*. Она имеет плоское днище и пологие склоны. Питание р. Кельтегей осуществляется за счет атмосферных осадков на водосборе, который целиком располагается в пределах дельтовой равнины. Бо́льшая часть водосбора крупного ручья Дивана, низовья которого также приурочены к южной части дельты, расположена в западном Копетдаге. При выходе с гор его русло разбивается на несколько рукавов, которые через 20 *км* теряются на равнине. Русла Диваны бывают обводнены лишь во время интенсивного выпадения осадков в горной части бассейна. Для остальной части дельты типичны небольшие эрозионные борозды глубиной от нескольких сантиметров до 10—20 *см* и протяженностью в несколько сотен метров, которые формируются исключительно за счет местного стока.

На раннехвалынской дельте Атрека расположена система валов высотой от нескольких сантиметров до 5—6 *м* и более при ширине в основании от 0,5—1 до 800—1000 и даже 1500 *м*. Для валов характерны распластанность их поперечного профиля и пологовыпуклая форма гребня. Встречаются валы со сложным профилем, свидетельствующим о наложении форм; некоторые валы имеют небольшие углубления (до 0,5 *м*), протягивающиеся вдоль осевой линии. Эти валы являются остатками протоков раннехвалынской дельты (Корнилов, Тимошкина, 1971). Кроме естественных образований — реликтов древнедельтовых протоков, встречаются также относительно небольшие валы — следы древних ирригационных систем. По поверхности дельты разбросано около сотни небольших холмов-депе.

Позднехвалынская дельта располагается ниже нулевой горизонтали. От раннехвалынской она отделена невысоким (до 1,5 *м*) уступом, вытянутым вдоль нулевой горизонтали. Однако, по П. В. Федорову (1957), этот уступ не является геологической границей; формирование его

связано с абразией позднехвалынским морем аллювиальных отложений равнины. Ниже горизонтали —21 *м* располагается еще одна дельта Атрека — новокаспийская. Ее западной границей служит бровка новокаспийской террасы, развитая почти на всем протяжении береговой линии Каспия.

Позднехвалынская и новокаспийская дельты отличаются выровненностью, отсутствием валов — реликтов древних протоков, небольшими уклонами (0,001—0,00005), отсутствием веерообразности в распределении высот. Небольшие возвышенности и замкнутые котловины глубиной до 0,5—1,5 *м*, развитые на поверхности дельты позднехвалынского возраста, являются эоловыми образованиями. Для новокаспийской дельты, кроме эоловых образований, характерны возвышенности останцового типа, сложенные позднехвалынскими отложениями.

Современная дельта Атрека постепенно переходит в пойму; в ее рельефе наблюдается сложное сочетание небольших многочисленных протоков с заболоченными участками и каналами современной оросительной системы. Часто встречаются останцы высотой до 20 *м*, сложенные позднехвалынскими песками. В связи с падением уровня Каспийского моря в последнее время наблюдается интенсивный рост площади современной дельты. Так, например, совсем недавно осушился залив Гасан-Кули. Современные отложения представлены песками, супесями, суглинками и глинами.

Речные террасовые и пойменные аккумулятивные равнины имеют значительные размеры лишь в долинах Сумбара, Чендира и Терсаккана. В долине Сумбара, вблизи его устья, ширина четвертой террасы достигает 3,5 *км*. Русло реки врезано в нее на глубину до 35 *м*. Терраса сложена переслаивающимися пачками песков, супесей и суглинков. Поверхность ее ровная, с неглубокими эрозионными ложбинами в присклоновой и центральной частях. Вблизи бровки врез ложбин увеличивается, и они превращаются в узкие глубокие овраги с очень крутыми, почти вертикальными, склонами. Параллельно бровке террасы на расстоянии от 1 до 5—10 *м* прослеживаются трещины оседания, по которым происходит обрушивание ее склона.

На поверхности террасы много небольших блюдцеобразных западин глубиной от 0,1—0,15 до 1,2 *м* и диаметром от 0,3—0,5 до 2—5 *м* и суффозионных воронок. Их густота в целом увеличивается по направлению к бровке террасы. В ряде случаев можно наметить линейную концентрацию этих воронок, очевидно, вдоль трещин. Цепочки воронок вблизи бровки террасы часто оканчиваются оврагами.

Морская равнина, занимающая северо-западную часть района, сложена в основном раннехвалынскими песками, сильно переработанными ветром. Эоловые гряды протяженностью до 100 *км* и высотой до 15—20 *м* расположены дугообразно. Приморская низменность сложена песчано-ракушечными сильно засоленными отложениями. Она вытянута узкой полосой вдоль берега Каспия и лишь на 2—3 *м* возвышается над его уровнем. Еще в историческое время эта низменность была покрыта морем.

Небольшие относительные высоты и молодость рельефа объясняют его слабую расчлененность. Поверхность приморской низменности осложняют лишь береговые валы. Низменность сложена песчано-ракушечными сильнозасоленными отложениями.

Подземные воды. На всей территории Юго-Западной Туркмении существует единый грунтовый поток, имеющий свободную поверхность и направленный от Копетдага к Каспийскому морю. Глубина залегания грунтовых вод уменьшается в этом направлении от 50 до 0 *м*, а величина уклона их зеркала — от 0,001 до 0,0001—0,0003. Скорость движения грунтового потока невелика, что объясняется его небольшими уклонами и тяжелым механическим составом грунтов. По данным

Л. М. Мальцева (1962), коэффициенты фильтрации грунтов древней и современной дельт Атрека колеблются от 0,0011 до 0,74 *м/сут*.

Минерализация грунтовых вод изменяется в широких пределах — от 10 до 100—160 *г/л*, возрастая с востока на запад как за счет растворения солей, содержащихся в грунтах, так и в результате внутригрунтового испарения. Тип вод при малой минерализации гидрокарбонатный, при высокой — хлоридно-сульфатный. В отличие от Северной подгорной равнины Копетдага роль глубинных подземных вод в питании грунтовых вод здесь очень невелика. На большей части территории питание осуществляется путем погружения вод поверхностного стока. Районами погружения служат пески Мешхедкумы, полоса вдоль восточной границы приморских песков, долины временных водотоков и местами долина Атрека. Районы питания фиксируются локальными повышениями уровня грунтовых вод и уменьшением их минерализации.

Разнообразие геолого-геоморфологических условий равнин Юго-Западной Туркмении обусловливает региональные гидрогеологические различия. Для грунтовых вод пролювиальной равнины характерно западное направление потока, меняющееся на ее северной окраине на северо-западное, а на южной — на юго-западное. Глубина их залегания в подгорной части равнины равна 20—50 *м*, на западной окраине — 10 *м*. На границе с приморскими песками минерализация грунтовых вод составляет 10—15 *г/л*. Здесь встречаются отдельные пресные линзы, формирующиеся за счет инфильтрации поверхностных вод. Характер засоления при высокой минерализации хлоридно-сульфатный, пресные и солоноватые воды имеют гидрокарбонатный состав.

Глубина залегания грунтовых вод в восточной и северной частях древних дельт Атрека достигает 40—70 *м*. К западу и северо-западу она уменьшается, и на стыке с современной дельтой Атрека и приморской низменностью колеблется от 0 до 3 *м*. Минерализация грунтовых вод увеличивается от 50 *г/л* на востоке до 100 *г/л* на западе. Некоторое опреснение их наблюдается на границе с Мешхедкумами и на контакте дельты с пролювиальной равниной. Кроме того, известны небольшие пресные линзы, в которых минерализация уменьшается до 0,5—1 *г/л*. В составе пресных вод преобладают гидрокарбонаты и сульфаты, в соленых — хлориды (Мальцев, 1962).

Глубина залегания грунтовых вод в новокаспийских отложениях колеблется от 0 до 3 *м*, в хвалынских — от 0 до 10 *м*. Разгрузка этого водоносного горизонта происходит путем испарения и оттока в Каспийское море. Уклоны поверхности грунтового потока близки к нулю, что свидетельствует о крайне малой величине оттока. Минерализация колеблется в пределах 100—160 *г/л*, достигая в отдельных случаях 200 *г/л*. Засоление хлоридно-сульфатное.

Территория современной дельты Атрека также характеризуется застойным режимом грунтовых вод вследствие очень слабой дренированности, низкого гипсометрического положения и наличия в западной части дельты тяжелых грунтов, затрудняющих отток. Направление грунтового потока западное, уклоны составляют в среднем всего 0,0005 (Мальцев, 1962). На всей территории дельты грунтовые воды залегают на глубине 0—5 *м*. В районе современного орошения оросительная и сбросная сети создают сложный гидрорельеф — чередование бугров грунтовых вод под каналами и депрессий на участках местного оттока. В основном минерализация грунтовых вод очень высокая: в неорошаемой северной части дельты она достигает 100—166 *г/л*, в орошаемой южной — 75—100 *г/л*. Однако в непосредственной близости от каналов и орошаемых массивов минерализация вод снижается до 7—10 *г/л*.

Питание грунтовых вод в современной дельте Атрека происходит на юге в основном за счет инфильтрации из ирригационных каналов и с орошаемых полей, а в ее северной части — преимущественно за счет

атмосферных осадков. Особенности местного гидрорельефа обусловливают двойственную роль Атрека в режиме грунтовых вод: местами он питает грунтовые воды, местами дренирует. В расходной части преобладают испарение и транспирация.

Природные комплексы

На равнинах Юго-Западной Туркмении выделяются три группы природных комплексов: пустынные, пустынно-луговые и тугайно-болотные (рис. 20).

Пустынные природные комплексы тяготеют к северной половине территории. Именно здесь особенно резко проявляются континентальность климата и ксерофильность растительного покрова. В группе этих комплексов выделяются песчаные, супесчано-суглинистые и песчано-суглинисто-солончаковые пустыни.

Среди песчаных пустынь в связи с различиями в строении рельефа, обусловливающими, в частности, характер геоморфологических процессов, специфику увлажнения и комплексность почвенно-растительного покрова, в свою очередь выделяются приморская грядовая пустыня, крупногрядовые пески Мешхедкумы и массив бугристых песков Гейрджаны.

Приморская грядовая пустыня расположена в северо-западной части района вблизи побережья Каспийского моря. Близость Каспийского моря существенно влияет на ее облик, определяя своеобразие климата и характер рельефа. Направление песчаных гряд и их морфологическая выраженность обусловлены специфическим режимом ветров в приморской зоне (Федорович, 1957). В растительном покрове этого песчаного массива большая роль принадлежит зарослям борджока и кандыма, к югу уступающим место астрагальникам. Обычны пионерные псаммофиты. Количество весенних однолетников невелико. Крупногрядовые пески Мешхедкумы расположены в юго-восточной части района. В западной части этого песчаного массива с развеваемыми песками преобладают псаммофиты, в восточной, относительно закрепленной, части господствует илак. Небольшой массив бугристых песков Гейрджаны находится вблизи северной оконечности Мешхедкумов. В составе растительности здесь преобладают боялыч и илак.

Супесчано-суглинистая пустыня развита в северо-восточной части района. Она приурочена к северной половине аллювиально-пролювиальной наклонной равнины западного Копетдага. Вследствие высокого содержания тяжелых суглинков в материале, слагающем аллювиально-пролювиальную равнину, здесь нередко встречаются участки, лишенные высшей растительности. В подгорной части широко развиты эфемеры. Вдоль мелких русел-чилей преобладают солянки, верблюжья колючка, изредка встречается полынь, по днищам чилей обычен чаир. В почвенном покрове преобладают такыровидные и опесчаненные такыровидные почвы, такыры и такырные солончаки. В подгорной зоне развиты светлые и примитивные сероземы.

Песчано-суглинисто-солончаковая пустыня располагается узкой полосой вдоль берега Каспийского моря. Эта плоская низменность с песчаными береговыми валами лишь недавно вышла из-под воды. Близко к поверхности залегают сильнозасоленные грунтовые воды, грунты также сильно засолены. Развитый почвенный покров отсутствует. Растительность представлена одиночными кустиками солянок, лишь на береговых валах появляются пионерные псаммофиты.

Пустынно-луговые природные комплексы приурочены к южной половине территории, где климатические условия позволяют растительности вегетировать бóльшую часть года и где вследствие этого преобладают не ксерофитные полукустарники, а мезофильные травянистые растения. На территории СССР зимняя вегетация растений наблюдается очень

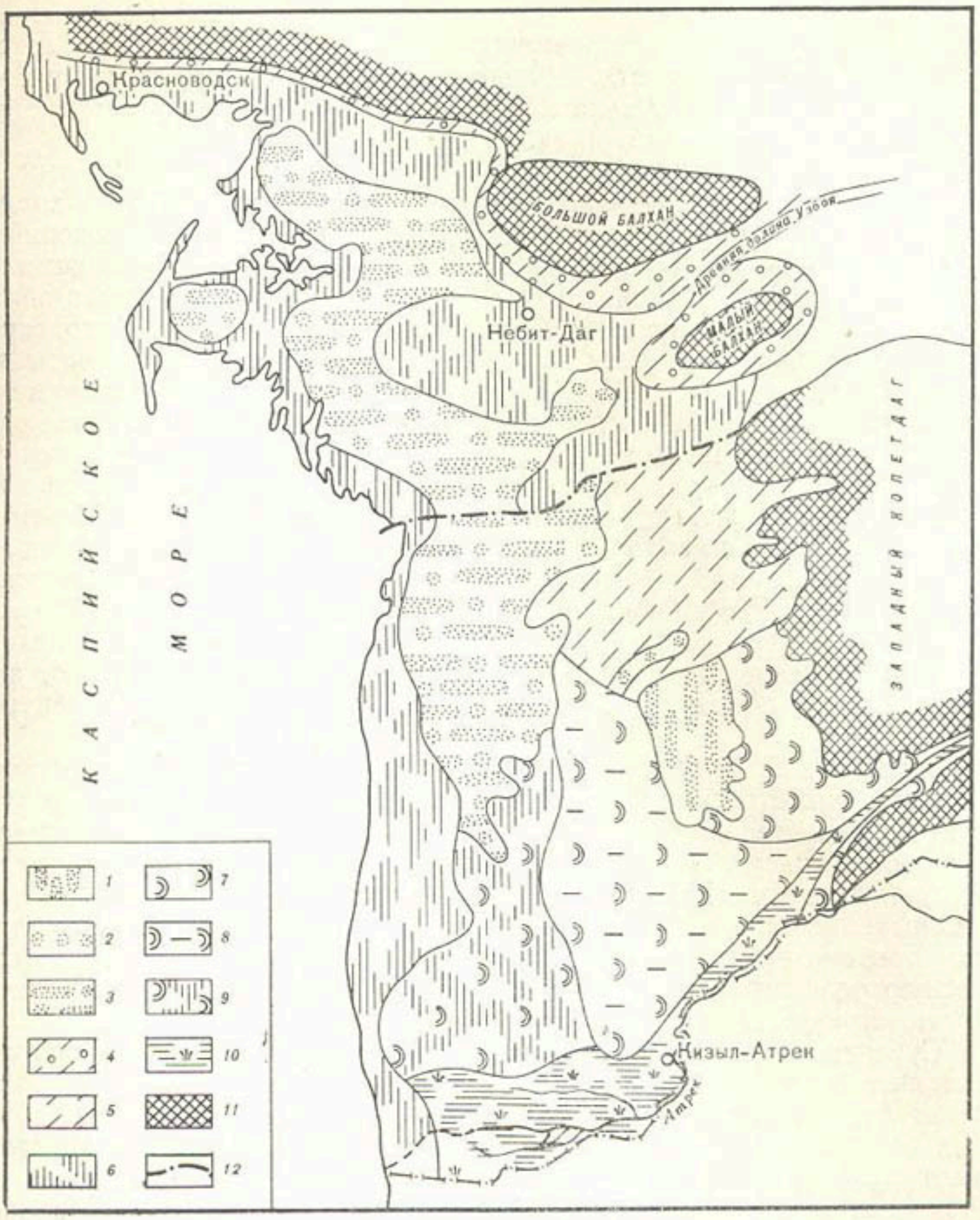


Рис. 20. Природные комплексы Юго-Западной и Западной Туркмении

Пустынные комплексы: *1* — песчаные пустыни грядовые и крупногрядовые; *2* — то же, бугристые; *3* — то же, грядовые и барханно-грядовые; *4* — пустыня щебнисто-супесчано-суглинистая; *5* — то же, супесчано-суглинистая; *6* — то же, песчано-суглинисто-солончаковая. Пустынно-луговые комплексы: *7* — пустынные луга супесчано-суглинистые; *8* — то же, суглинисто-глинистые; *9* — то же, суглинисто-глинисто-солончаковые. *10* — тугайно-болотный комплекс; *11* — горно-пустынный комплекс; *12* — граница между Юго-Западной и Западной Туркменией

редко, поэтому это обстоятельство важно учесть при оценке перспектив сельскохозяйственного использования земель.

В группе пустынно-луговых природных комплексов выделяются супесчано-суглинистые, суглинисто-глинистые и суглинисто-глинистые солончаковые пустынные луга.

Супесчано-суглинистые пустынные луга занимают южную часть подгорной равнины западного Копетдага, заключенную между копетдагским низкогорьем и песчаным массивом Мешхедкумы. В соответствии с составом верхних горизонтов пролювиальных отложений в северной части этой территории господствуют супесчаные светлые сероземы,

в южной — суглинистые светлые сероземы, иногда солонцеватые. Для южной пониженной части равнины характерно преобладание луговой однолетней растительности. Вблизи долина Атрека, где в связи с особенностями сноса материала появляются отакыренные участки, заметную роль играют заросли чаира.

Суглинисто-глинистые пустынные луга располагаются главным образом в пределах раннехвалынской дельты Атрека. Благодаря хорошей выраженности в рельефе древних русел и межрусловых понижений для почвенно-растительного покрова этой территории характерна комплексность, во многом определяющая особенности ее ландшафтного облика. Древние русла, образующие серию валов, способствуют перераспределению стока по поверхности дельты и аккумуляции дождевой воды в понижениях между валами. Весной здесь могут возникать временные озера площадью до сотни метров и глубиной более полуметра. Такое озеро, образовавшееся в 18 *км* от с. Мадау, в 1969 г. существовало до октября.

В почвенном покрове преобладают такыровидные почвы, с ними комплексируются такырные, иногда солончаковые, аллювиальные остаточно-гумусные. Почвы на валах менее засолены по сравнению с почвами межрусловых понижений. Последние за счет сноса глинистого материала с гребней и склонов валов имеют более тяжелый механический состав. Поэтому они нередко затакырены. В прямой связи с рельефом находится распределение растительного покрова. На валах преобладают злаки и эфемеры. В понижениях, где скапливается вода, встречаются тамарикс и чаир.

В восточной, более высокой, части сеть древних протоков наиболее проста и существенно не перераспределяет сток, затакыренных участков мало, в растительности преобладают почти чистые заросли арпагана. В западной части, где перераспределение стока более разнообразно, отакыренные участки встречаются довольно часто; степень засоления и затакыренности увеличивается по направлению к западу. В растительном покрове начинают преобладать галоксерофиты, среди которых заметную роль играет чортан; лугово-однолетняя травянистая растительность встречается лишь на небольших участках.

Суглинисто-глинистые солончаковые пустынные луга расположены западнее предыдущего комплекса. Они занимают территорию молодых дельт Атрека. Неглубокое залегание сильно минерализованных грунтовых вод и сильная засоленность верхних горизонтов почвы обусловливают преобладание здесь солянковой растительности. Большие пространства заняты голыми солончаками. В почвенном покрове наиболее распространены солончаковые такыры и солончаки.

Тугайно-болотные природные комплексы, развитые на территории современной дельты Атрека и вдоль русел Атрека и Сумбара, характеризуются обильным, иногда даже избыточным, увлажнением. В результате эти комплексы отличаются высокой биологической продуктивностью и своеобразной растительностью. Преобладают тамариксовые туги и тростниковые заросли, чаирно-чертановые луга. Урожайность сухой массы тростника доходит до 60—70 *ц/га*. Для дельты Атрека характерны болотные комплексы, для берегов Атрека и Сумбара — преимущественно тугайные.

В составе растительности дельтовых болотных комплексов господствуют тростник, чаир, шор-чаир, сменяющие друг друга в зависимости от степени увлажнения. В почвенном покрове преобладают лугово-болотные солончаковые и солончаковые почвы, встречаются пухлые солончаки. Для тугайных комплексов, вытянутых узкой лентой по днищам долин Сумбара и Атрека, характерны тамариксовые заросли. На многочисленных небольших останцовых возвышенностях, где грунтовые воды залегают глубоко, а паводковых затоплений не бывает, обычна злаково-эфемеровая растительность.

Природно-мелиоративные районы

Как видно из краткого описания природных комплексов, условия земледельческого освоения равнин Юго-Западной Туркмении весьма разнообразны. Наряду с участками, пригодными для освоения под орошаемое земледелие, имеются территории, которые в ближайшее время для этих целей использовать нерационально. К ним относятся грядовые песчаные пустыни и первичная приморская низменность.

Для орошаемого земледелия в настоящее время перспективны территории, занятые супесчано-суглинистыми пустынями, пустынно-луговыми и тугайно-болотными комплексами, общей площадью 1275 тыс. *га*. Однако в пределах этих территорий наблюдаются заметные различия в возможной эффективности их освоения и эксплуатации.

Учитывая природные условия, перспективы использования угодий для орошаемого земледелия (при преимущественном развитии хлопководства) и комплекс необходимых мелиораций, мы выделяем в Юго-Западной Туркмении 13 природно-мелиоративных районов (рис. 21). При их описании большее внимание уделено районам с наиболее благоприятными условиями для развития орошаемого земледелия.

Нижнедиванский район (*1*) общей площадью 70 тыс. *га* расположен в основном на территории супесчано-суглинистых пустынных лугов. Занимаемая ими территория представляет собой почти идеальную равнину, полого понижающуюся к югу. Угол наклона поверхности — меньше 0,002. Ее расчленяют лишь редкие эрозионные ложбины глубиной не более 1,5 *м* с очень пологими бортами. В верхних горизонтах преобладает супесчано-суглинистый материал. Это пролювиально-делювиальные отложения, мощность которых достигает нескольких десятков метров. Грунтовые сильно минерализованные воды (20—60 *г/л*) залегают на глубине 20—50 *м*. В растительном покрове преобладают луговые однолетники, изредка встречаются многолетники (чаир).

В почвенном покрове распространены светлые сероземы, частично опесчаненные и солонцеватые[1]. Содержание гумуса очень невысокое; даже в верхнем горизонте, в котором развиты корневища эфемеров, оно доходит лишь до 0,5—0,6%. Глубже количество гумуса уменьшается. Содержание карбонатов, равномерно распределяющихся до глубины 3—10 *м*, колеблется в пределах 7—8% (по CO_2). Количество гипса в целом невелико (0,06—0,61%), однако на глубине от 50 до 250 и от 800 до 1000 *см* оно заметно возрастает.

Верхние горизонты почв не засолены. Глубже 50 *см* количество сухого остатка в отдельных слоях превышает 1% при содержании хлора более 0,1. В одних горизонтах сульфаты преобладают над хлоридами, в других — наоборот. В целом засоление преимущественно хлоридно-сульфатное. Низкое содержание общего азота (0,01—0,05%), типичное для светлых сероземов, наблюдается по всему профилю. Подвижный фосфор сконцентрирован только у самой поверхности (до глубины 10 *см*). Почвы относятся к обеспеченным по калию. Очень низкая емкость обмена (2—8 *мг-экв* на 100 *г* почвы) объясняется не только легким механическим составом пород, но и примитивностью почвообразовательного процесса, присущего пустынным почвам.

По воднофизическим свойствам, невысокому содержанию токсичных солей, отсутствию выраженного уплотнения верхних горизонтов почвы Нижнедиванского райсна благоприятны для использования. К некоторым отрицательным качествам их относятся малая гумусность и недостаточное содержание азота и фосфора. Эти недостатки могут быть компенсированы внесением повышенных количеств удобрений и введением в севообороты трав. Засоленность материнской породы может вызвать

---

[1] Описание почвенного покрова Юго-Западной Туркмении приводится в основном по материалам В. П. Костюченко.

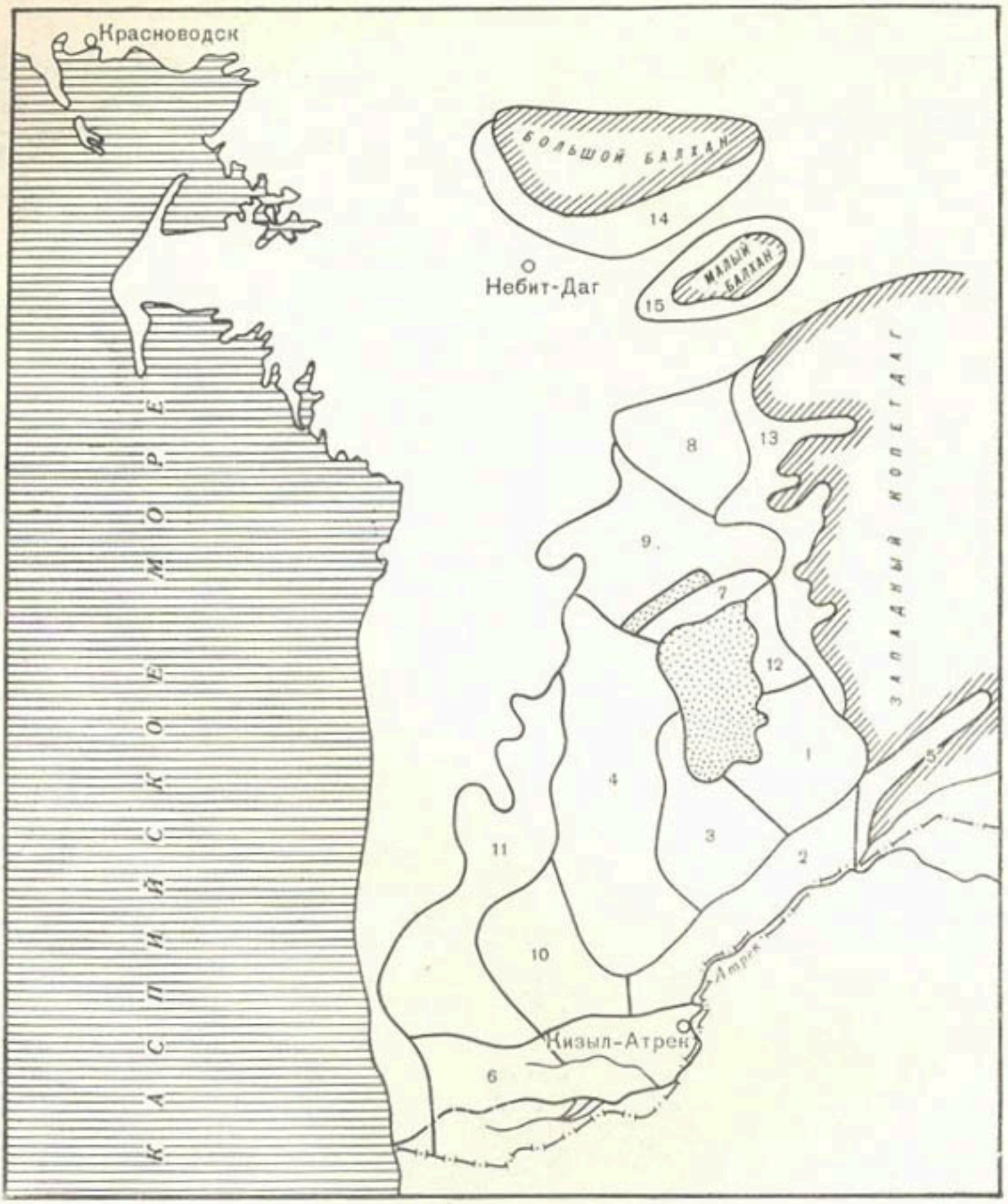


Рис. 21. Природно-мелиоративные районы Юго-Западной и Западной Туркмении

Районы: *1* — Нижнедиванский; *2* — Атрекский; *3* — Мадаусский; *4* — Дахистанский; *5* — Нижнесумбарский; *6* — Аджиябский; *7* — Чаганлы; *8* — Гяурлинский; *9* — Аджидеринский; *10* — Караджабатырский; *11* — Таганлычский; *12* — Ялангачский; *13* — Зирикский; *14* —Большебалханский; *15* —Малобалханский

в условиях поливного земледелия засоление почвенных горизонтов, поэтому при освоении почв потребуются промывки.

Ровная поверхность с умеренным уклоном обеспечивает возможность нарезки достаточно больших полей, удобных для обработки, создает благоприятные условия для полива по бороздам и требует небольшого объема земляных работ при планировке (примерно 300 $м^3/га$).

Широкому освоению территории района должно предшествовать зарегулирование стока оврага Дивана. Одним из вариантов его может быть строительство плотины у выхода долины из гор и создание в предгорьях водохранилища (на территории Зирикского района), которое можно, пока не будет проведен канал, использовать для водоснабжения небольшого опытного хозяйства. Поскольку водохранилище улучшит условия окружающей среды, на прилегающей к нему территории могут быть созданы населенные пункты. Однако занимать под них удобные

для орошения земли Нижнедиванского района нецелесообразно. Их надо размещать на территории Зирикского и Ялангачского районов.

Благоприятные природные условия Нижнедиванского района позволяют рекомендовать даже на первом этапе его освоения коэффициент земельного использования не ниже 0,8, т. е. можно орошать в пределах района около 60 тыс. *га* земель. Эта рекомендация оправдана в связи с тем, что оптимальные природные условия района обеспечивают высокую биологическую продуктивность его земель и относительно небольшой объем инженерных мелиораций.

Высокий коэффициент земельного использования обусловит поступление на территорию района большого количества воды для орошения и промывок, что явится важным фактором изменения природных условий. Как показывает опыт бездренажного освоения, в зоне Каракумского канала при высоком коэффициенте земельного использования уровень грунтовых вод повышается со скоростью порядка 1 *м* в год. Поэтому можно полагать, что при бездренажной эксплуатации земель Нижнедиванского района грунтовые воды через 15—20 лет поднимутся до корнеобитаемого слоя, что при их высокой минерализации неминуемо вызовет засоление почв. Во избежание этого целесообразно строительство дренажа уже в начальный период эксплуатации.

Вопрос о конструкции и параметрах искусственного дренажа нуждается в особой проработке. Однако относительно легкий механический состав грунтов и отсутствие тяжелых прослоек позволяет считать, что дренаж будет эффективен даже при небольшой плотности его. Выровненность рельефа и умеренный уклон поверхности на юг дают возможность принять довольно простую схему дренажной сети, используя в качестве коллектора расположенную поблизости долину Атрека.

Поступление большого количества воды на территорию Нижнедиванского района может вызвать и некоторые другие неблагоприятные последствия, в частности просадки. Общей рекомендацией при инженерном освоении просадочных участков является постепенное замачивание грунта и укатывание поверхности. Сооружение каналов на таких участках должно сопровождаться облицовкой и силикатизацией грунта.

Атрекский район (*2*) общей площадью в 51 тыс. *га* располагается на правобережье древней дельты Атрека в пределах тугайно-болотного комплекса. Этот участок, протягивающийся вдоль современной долины Атрека, представляет собой равнину, наклоненную к реке (уклоны около 0,001). Высотные отметки уменьшаются ниже по течению от 95 до 30 *м*. Верхние горизонты сложены относительно мощной супесчано-суглинистой лёссовидной толщей. В растительном покрове преобладает луговое разнотравье.

Широко распространены лугово-аллювиальные почвы, иногда с погребенным гумусовым горизонтом. Местами встречаются лишайниковые такыры и такыровидные почвы. Данные анализов показывают, что содержание гумуса в корнеобитаемом слое этих почв больше, чем в почвах предыдущего района (до 1,6%). Верхние горизонты слабо засолены (сухой остаток 0,31—0,34%). Тип засоления хлоридно-сульфатный. Азота в них содержится больше, чем в светлых сероземах (до 0,12%), подвижный фосфор обнаружен по всему почвенному профилю и содержание его достигает 17—47 *мг/кг*. Калием лугово-аллювиальные почвы обеспечены в достаточной степени (850—340 *мг-экв* на 100 *г* почвы). Емкость обмена также выше, чем в светлых сероземах (6,85—10,55 *мг-экв* на 100 *г* почвы), что связано с более тяжелым механическим составом.

Запас токсичных солей в почвах этого района сравнительно невысок, но так как их количество превышает порог токсичности при хлоридно-сульфатном засолении, то промывка почв все же необходима. Поскольку грунтовые воды залегают на значительной глубине, предварительные промывки сравнительно легко осуществимы. Вместе с тем локальные

глинистые прослои, отмечаемые близко от поверхности, могут способствовать образованию в отдельных местах соленой верховодки и, как следствие, пятнистого засоления. Поэтому необходимо провести детальные изыскания и исключить из освоения наиболее опасные в этом отношении участки или использовать их под залужение.

В пределах района наблюдается интенсивное оврагообразование. Вся придолинная часть рассечена оврагами, верховья наиболее крупных из них подходят даже к северным границам района. В придолинной части его проявляются также суффозинно-просадочные явления.

Несмотря на благоприятные для развития хлопководства почвенно-климатические условия, район все же имеет ограниченные возможности для развития полеводства из-за сильной расчлененности территории, особенно в придолинной части. Здесь более рационально развивать садоводство (выращивание субтропических культур), виноградарство и овощеводство (в том числе зимнее).

Расположение территории на пути сброса дренажных вод с орошаемых площадей Нижнедиванского района и, возможно, части Мадаусского, наряду с неустойчивостью берегового обрыва долины Атрека, вызывает необходимость применения дренажа и проведения мероприятий по укреплению берегового обрыва. Последнее должно, очевидно, осуществляться путем разработки и внедрения широкого комплекса охранных мероприятий, включающего не только строительство соответствующих инженерных сооружений, но и правильное размещение сельскохозяйственных угодий, а также лесопосадки.

Мадаусский район (*3*) общей площадью в 61 тыс. *га* располагается в наиболее высокой части раннехвалынской дельты Атрека, где развиты суглинисто-глинистые луга. Эта территория представляет собой пологоволнистую равнину с высотами, уменьшающимися в западном направлении от 60 до 30 *м*. Уклон близок к 0,005. Поверхность сложена главным образом пылеватыми песками и суглинками мощностью порядка 30 *м*. Грунтовые воды вскрыты на глубине, превышающей 20 *м*, минерализация их достигает 50—80 *г/л*. Растительность представлена в основном злаково-эфемеровым комплексом с преобладанием арпагана. Оголенных участков сравнительно мало.

В почвенном покрове преобладают такыровидные остаточно-гумусные почвы в комплексе с такырами. Эти почвы не засолены только с поверхности, глубже 15—20 *см* содержание в них солей достигает 1,88%, тип засоления хлоридно-сульфатный и сульфатно-хлоридный. Такыровидные разности содержат меньший запас солей, причем соли подтянуты в верхние горизонты, где образуют вторичный максимум. Содержание гумуса достигает 0,5—1%. Обеспеченность питательными элементами невысокая (количество азота не превышает 0,74%, калия — 330 *мк/кг*). Емкость обмена сравнительно высокая — в среднем 13,3 *мг-экв* на 100 *г* почвы.

Таким образом, в этом районе, как и в предыдущих, необходимыми мероприятиями являются внесение повышенного количества удобрений и посевы трав. Комплексность почв и пестрота засоления требуют дифференцированного подхода при назначении промывных норм.

Особенности рельефа Мадаусского района, его высокое гипсометрическое положение и веерообразное направление уклонов дают основание рекомендовать строительство оросительной и дренажной сетей с радиальным размещением основных магистралей. Поскольку указанные особенности характерны и для территории, располагающейся западнее Дахистанского района, то в обоих районах целесообразно строительство единой мелиоративной системы.

Мадаусский район относится к наиболее перспективным районам для развития хлопководства, причем климатические условия позволяют выращивать здесь тонковолокнистые сорта хлопка, а отсутствие расчле-

ненности поверхности дает возможность создавать в нем крупные орошаемые массивы. Таким образом, этот район перспективен для первоочередного освоения. Коэффициент земельного использования можно будет довести до 0,8.

Дахистанский район (*4*) общей площадью в 222 тыс. *га* занимает более низкую часть раннехвалынской дельты Атрека, где так же, как и в Мадаусском районе, развит суглинисто-глинистый луговой комплекс. Абсолютные высоты колеблются от 30 *м* до нуля. Равнина имеет наклон (0,001—0,002) к западу, юго-западу и северо-западу. Она сложена толщей суглинистых отложений мощностью в восточной части более 20—30 *м*. Грунтовые воды вскрыты на глубине от 5—8 до 20 *м*, минерализация достигает 60—100 *г/л*. Местами встречаются линзы пресных или солоноватых вод. Растительность представлена комплексом солянок, злаков и эфемеров. По направлению к западу количество эфемеров и злаков убывает.

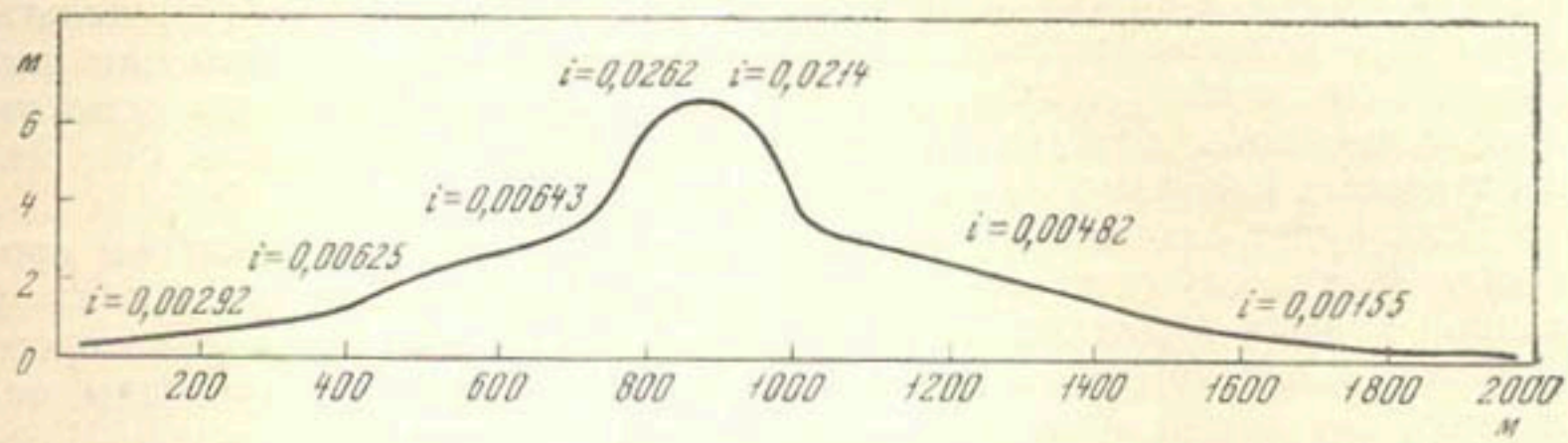


Рис. 22. Поперечный профиль вала в 2,5 *км* к юго-западу от Мессариана (*i*-уклоны поверхности вала, в тысячных)

В восточной части района преобладают такыровидные остаточно-гумусные почвы, на западе они уступают место такырам. Характер засоления их хлоридно-сульфатный и сульфатно-хлоридный (максимум до 1,6%). В западной части района с утяжелением механического состава почв, уменьшением глубины залегания грунтовых вод и повышением их минерализации степень засоления почв возрастает. Содержание гумуса в такыровидных почвах в среднем в 2-метровой толще достигает 0,8%. На орошавшихся в древности участках почвы были промыты в зависимости от степени их использования на глубину до 2 *м* и больше. Некоторое увеличение содержания солей в первом метре разреза свидетельствует о вторичном засолении. В древнеирригационных почвах до глубины 1—2 *м* отмечается повышенное количество гумуса. Прекращение земледелия повлекло за собой опустынивание почв, на древнеорошаемых полях сформировались либо такыры, либо такыровидные почвы.

Для Дахистанского района, как и для Мадаусского, особенно характерно распространение реликтовых протоков раннехвалынской дельты Атрека, выраженных в виде валов. Это может предопределить схему строения ирригационной и дренажной сетей, поскольку система валов имеет в плане форму, близкую к веерообразной. Так как лучшие земли приурочены к валам, то при освоении района под орошаемое земледелие основные орошаемые массивы следует разместить на крупных валах, а не в межгрусловых понижениях. Значительная ширина и небольшие поперечные уклоны валов допускают оптимальные для механизированной обработки размеры полей. Объем земляных работ при их планировке невелик.

Несколько более высокое положение этих земель (на 1—6 *м* по сравнению с межгрусловыми понижениями) обеспечивает хорошие условия для промывок. Исследования, проведенные Г. М. Топаловым в Мургабском оазисе, показали, что при размещении оросительных каналов на повышенных элементах рельефа вода, фильтрующаяся из каналов и с

орошаемых полей, формирует ирригационные водные потоки, которые оттесняют сильно минерализованные грунтовые воды к центру межканальных понижений, где они могут быть относительно легко собраны дренами и удалены за пределы орошаемой территории.

В качестве примера размещения полей рассмотрим вал, расположенный в 2,5 *км* юго-западнее Дахистана (рис. 22). Его гребень приподнят на 6 *м* над окружающей местностью, а ширина в основании превышает 1,5 *км*. Если проложить оросительный канал вдоль гребня, участки, расположенные ниже, с успехом могут быть использованы под основные орошаемые массивы. Ширина полей при такой схеме будет превышать 0,5 *км*, а длина соответствовать протяженности вала. На склонах валов целесообразно размещать посевы основной культуры — хлопчатника. Нижние части склона и межрусловые понижения можно использовать для выращивания других культур, например, риса и люцерны; для их полива будут частично применяться сбросные воды.

Ниже приведена схема основных протоков (валов) древней дельты (рис. 23), которые, видимо, можно использовать для размещения магистральных каналов. Уклоны и высота этих валов обеспечат самотечную подачу воды и командование над орошаемой территорией, сеть магистральных каналов равномерно покроет поверхность.

Если будет осваиваться вся территория дельты, то источником орошения может служить водохранилище, которое удобно разместить у южной кромки Мешхедского песчаного массива, в районе, из которого расходятся основные протоки древней дельты. Для этого пригодны, например, котловины, в которых располагаются солончаки Урмен и Шордузлак, окаймленные достаточно высокими бортами, сложенными тонкозернистыми плотными песками. Отметки дна котловин — около 30 *м* абс. высоты. При небольшом объеме земляных работ емкость водохранилища может быть доведена до 0,3 $км^3$. Это соответствует примерно 25% объема воды, необходимой для орошения земель первоочередного освоения в Дахистанском, Мадаусском и Атрекском районах. Можно также создать водохранилища в межгрядовых понижениях Мешхедкумов, по которым будет проходить канал, или южнее этого песчаного массива, у южной оконечности возвышенностей Баткали и Делильбурун.

В связи с орошением больших площадей с высоким коэффициентом земельного использования в Мадаусском и Дахистанском районах возникнет вопрос об отводе дренажных вод. Учитывая их относительную удаленность от Каспийского моря, необходимо предусмотреть строительство нескольких магистральных коллекторов с выводом их в Каспий.

Природные условия в Дахистанском районе вполне благоприятны для выращивания тонковолокнистых сортов хлопчатника. В его восточной части условия освоения близки к оптимальным, но к западу они ухудшаются настолько, что на некоторых участках может потребоваться закрытый дренаж с механической откачкой дренажных вод.

На территории Дахистанского района в средние века выращивались особенно ценные сорта риса. В современных условиях можно, по-видимому, рекомендовать использовать под рис земли в западной части района, где выровненность рельефа облегчает строительство рисовых оросительных систем, а для полива возможно частичное использование дренажных вод. Исходя из этих соображений, можно предположить, что период освоения Дахистанского района по сравнению с Мадаусским будет более растянутым. На первых этапах освоения коэффициент земельного использования следует принять небольшим, а впоследствии, по мере строительства оросительной и дренажной сети, его можно будет довести до 0,7; это позволит оросить на территории района более 150 тыс. *га* земель.

Нижнесумбарский район (5) общей площадью в 22 тыс. *га* расположен в пределах двух природных комплексов — супесчано-суглинистых

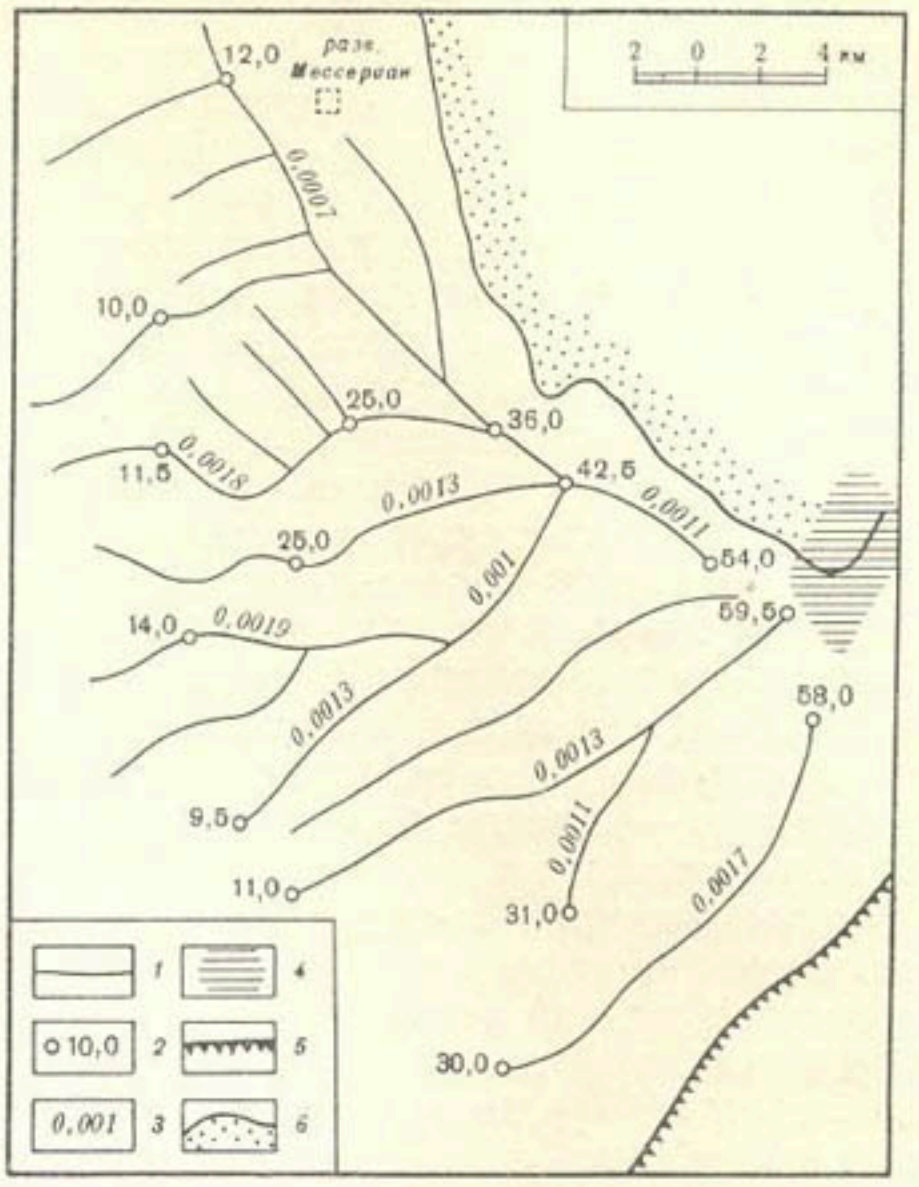


Рис. 23. Возможный вариант размещения магистральных каналов, приуроченных к протокам древней дельты Атрека

1 — основные магистральные каналы;
2 — абсолютная высота древних валов, *м*;
3 — продольные уклоны, в тысячных;
4 — район возможного размещения водохранилищ;
5 — бровка обрыва к современной долине Атрека;
6 — песчаный массив Мешхеджумы

пустынных лугов и тугайно-болотного. Он включает низовья долины Сумбара ниже устья Чендира — четвертую надпойменную террасу, в которую врезана (на 30 *м*) современная долина Сумбара. Она имеет отвесные борта и плоское днище, занятое поймой, покрытой тамариксовыми тугаями. Для земледелия может быть использована лишь плоская поверхность четвертой террасы, сложенная супесчано-суглинистым материалом. Окраина ее рассечена оврагами длиной иногда более 1 *км*. Там же концентрируются суффозионные образования и трещины, вдоль которых происходит обрушивание склонов. Выходов грунтовых вод в долине не наблюдается. В растительном покрове преобладает эфемерово-солянковый комплекс, а среди почв — такыровидные. Присутствие солянок свидетельствует о поверхностном засолении.

Ввиду эрозионной опасности в районе целесообразно развивать отрасли земледелия, не связанные с полеводством (садоводство, овощеводство и виноградарство). Вследствие большой удаленности района от трассы канала интенсификация сельского хозяйства в его пределах может быть осуществлена лишь после строительства специального водовода. Как и в Атрекском районе, при размещении сельскохозяйственных угодий в первую очередь необходимо предохранить береговой обрыв Сумбара от обвальных эрозионных процессов.

Аджиябский район (*6*) общей площадью в 110 тыс. *га* расположен в области распространения тугайно-болотного комплекса в пределах современной дельты Атрека. Это единственный в Юго-Западной Туркмении район, имеющий современную оросительную систему. На всей территории района грунтовые воды залегают на глубине 3 *м*; они сильно минерализованы — содержание солей колеблется от 70 до 160 *г/л*. В почвенном покрове господствуют солончаки, в том числе лугово-болотные и пухлые, лишь на останцовых возвышенностях встречаются умеренно-засоленные такыровидные почвы. В растительном покрове преобладают болотные и солончаковые сообщества. В пойме Атрека местами сохранились тамариксовые туги.

Учитывая, с одной стороны, тяжелые мелиоративные условия, а с другой — очень благоприятный климат (значительные термические ресурсы и продолжительный безморозный период), земельные ресурсы района следует использовать для выращивания особенно ценных субтропических культур и для зимнего овощеводства. Поскольку в районе есть оросительная сеть, а численность населения достаточно высокая, можно интенсифицировать развитие земледелия до поступления на его территорию воды из канала; для этого надо упорядочить современное водопользование и построить закрытый постоянный глубокий дренаж, усиливаемый в период освоения и промывок временным дренажом.

Район Чоганлы (7) общей площадью в 25 тыс. *га* располагается у южной оконечности супесчано-суглинистой пустыни на равнине континентальной дельты оврага Кемен-Дере. Поверхность ее почти плоская; небольшие эрозионные ложбины врезаны на глубину не более 0,5 *м*. Общий уклон юго-западный, близкий к 0,002. В поверхностных горизонтах преобладают супеси и суглинки с небольшой примесью песков и глин. Грунтовые воды залегают на глубине от 20 до 50 *м*, содержание солей в них — порядка 40 *г/л*. В составе растительности господствуют луговые однолетники.

Почвы преимущественно такыровидные, есть и такыры. Такыровидные почвы благоприятны для освоения, так как запас токсичных солей в них сравнительно невысок; верхние горизонты слабо отакырены. Содержание гумуса и питательных веществ в почвах, как и всюду в Юго-Западной Туркмении, низкое, и для повышения плодородия почв, как и в других районах, необходимы внесение повышенного количества удобрений и введение специальных севооборотов.

Благодаря выровненности территории и малым уклонам объем земляных работ при планировке полей невелик (по нашим подсчетам, выполненным в пределах ключевого участка,— примерно 300 $м^3/га$), и обеспечиваются условия для полива по бороздам. Условия для промыва и поливов благоприятные, поскольку грунтовые воды залегают на большой глубине.

В число обязательных инженерно-мелиоративных мероприятий входит зарегулирование стока оврага Кемен-Дере путем создания водохранилища в его долине. Аккумулированная в нем вода может быть использована для орошения. Кроме того, на берегу водохранилища могут быть размещены населенные пункты и зона отдыха. Продолжительность безморозного периода создает предпосылки для выращивания здесь тонковолокнистых сортов хлопчатника.

Гяурлинский район (8) общей площадью в 137 тыс. *га* располагается в пределах супесчано-суглинистой пустыни. Занимаемая им территория представляет собой наклонную равнину с уклонами менее 0,002. Поверхность расчленена системой русел временных потоков-чилей, врезанных на глубину от нескольких сантиметров до 1—1,5 *м*. Преобладающий уклон северо-западный и северный, сток происходит в котловину шора Келькор. Грунтовые воды на большей части района залегают в интервале от 20 до 50 *м*, причем к западу их уровень повышается до нескольких метров от поверхности. Минерализация грунтовых вод — 40—45 *г/л*, тип засоления хлоридно-натриевый.

Большая пестрота механического состава почв и динамичность почвенного профиля объясняются спецификой отложений западной пролювиальной равнины и характером рельефообразующих процессов. В почвенном комплексе преобладают такыры, зарастающие солянками и эфемерами, такыры смытые и намытые и такыровидные почвы.

Содержание воднорастворимых солей в такырных почвах высокое независимо от механического состава почво-грунтов. Так, например, в суглинке сухой остаток достигает 0,95—3,49, а в супеси — 4,21%. Тип засоления сульфатно-хлоридный с некоторым преобладанием хлоридов.

По всей глубине разреза наблюдается щелочность от бикарбонатов. Емкость поглощения сравнительно высокая (15 *мг-экв* на 100 *г* почвы) в соответствии с механическим составом почво-грунтов. Подвижным фосфором такыры не обеспечены. Гумуса мало — в среднем 0,4%. Относительно сильная засоленность почво-грунтов, несмотря на глубокое залегание грунтовых вод, требует строительства постоянного дренажа. Целесообразно изучить возможность использования для строительства дренажной сети чилей. Из других инженерно-мелиоративных мероприятий необходимы планировка и проведение работ по ограничению вредных последствий временного стока.

Район наиболее перспективен для развития полеводства, в том числе хлопководства (возможно выращивание тонковолокнистых сортов).

Аджидеринский район (*9*) общей площадью в 162 тыс. *га* располагается также в пределах песчано-суглинистой пустыни. Строение поверхностных горизонтов, характер рельефа, почв, растительности и подземных вод аналогичны наблюдаемым в Гяурлинском районе. Однако направление уклона поверхности в них разное. В случае освоения территории Аджидеринского района под орошаемое земледелие сток сбросных и дренажных вод будет направлен не в котловину шора Келькор, как в Гяурлинском районе, а в пески приморского песчаного массива. Вследствие этого в Гяурлинском и Аджидеринском районах должны быть построены самостоятельные дренажные системы. Это обстоятельство и послужило причиной разделения этих природно-мелиоративных районов.

В Аджидеринском районе, так же как и в Гяурлинском, имеются благоприятные условия для развития полеводства, в том числе хлопководства. На его западной окраине можно выращивать рис.

Остальные выделенные в Юго-Западной Туркмении районы (*10—13*) менее перспективны для широкого земледельческого освоения в связи со сложностью проведения в них необходимых мелиоративных мероприятий.

Караджабатырский район (*10*) общей площадью в 187 тыс. *га* расположен в пределах суглинисто-глинистых солончаковых пустынных лугов. Рельеф выровненный. Уклон поверхности — 0,0005—0,001. Поверхностные горизонты сложены в основном тонкозернистыми пылеватыми песками, суглинками и глинами. Грунтовые воды залегают на глубине от 2,5 до 5 *м*, они сильно минерализованы — до 100—150 *г/л*.

Почвенный покров характеризуется сочетанием примитивных такыров, выщелоченных такыровидных почв, солончаковых такыров, пухлых и корково-пухлых солончаков. Характер засоления сульфатно-хлоридный. Содержание карбонатов высокое не только в почвенных горизонтах, но и в подстилающих грунтах. В растительном покрове преобладают солянки.

Неглубокое залегание высокоминерализованных грунтовых вод, тяжелый механический состав грунтов, очень малые скорости грунтового потока и выровненность рельефа обусловливают необходимость строительства в этом районе закрытой дренажной сети с частым расположением дрен и в ряде случаев с механической откачкой дренажных вод. Такие мелиоративные мероприятия будут оправданы только в случае максимально эффективного использования благоприятных климатических условий. Следовательно, на этой территории наиболее целесообразно развивать садоводство с выращиванием особенно ценных субтропических культур.

Таганлычский район (*11*) общей площадью в 123 тыс. *га* расположен также в пределах суглинисто-глинистых солончаковых пустынных лугов и по характеру основных компонентов природной среды близок к Караджабатырскому району. Однако мелиоративные условия в нем

еще более тяжелые в связи с сильной засоленностью почво-грунтов и меньшей естественной дренированностью территории. Район расположен в самой низкой части послехвалынской дельты Атрека, на абсолютных высотах ниже уровня Мирового океана. Уклон поверхности западный, порядка 0,0005. В южной части района грунтовые воды лежат наиболее близко к поверхности (1—3 *м*), их минерализация достигает 100—180 *г/л*.

В почвенном покрове преобладают пухлые и такыровидные солончаки и солончаковые такыры, в составе растительности — солянки. Освоение земель, как и в Караджабатырском районе, невозможно без применения закрытого дренажа и промывок, причем дрены должны быть расположены достаточно часто.

Ялангачский район (*12*) общей площадью в 34 тыс. *га* расположен в пределах супесчано-суглинистых лугов. Территория его вследствие расчлененности рельефа неудобна для полеводства. Вместе с тем благодаря наличию долин, в которых возможно создание водохранилищ, близости к районам Чаганлы, Аджидеринскому и Нижнедиванскому территория района перспективна для размещения населенных пунктов, а природные условия его благоприятны для развития садоводства, овощеводства и виноградарства.

Зирикский район (*13*) общей площадью в 71 тыс. *га* вытянут узкой полосой вдоль предгорий западного Копетдага. В его южной части развиты супесчано-суглинистые пустынные луга, а в северной — супесчано-суглинистая пустыня. Рельеф предгорий неблагоприятен для развития полеводства, однако для размещения населенных пунктов эта территория пригодна при условии проведения соответствующего комплекса мероприятий. К ним в первую очередь относятся строительство открытых водоемов и облесение. Вокруг населенных пунктов могут быть размещены пригородные садово-огородные участки. Местами возможно виноградарство.

Оценивая природные ресурсы Юго-Западной Туркмении, можно утверждать, что в случае подачи на ее территорию достаточного количества воды она станет одним из крупнейших в зоне влияния Каракумского канала районов орошаемого земледелия. В табл. 38 приведено по-районное размещение орошаемых земель при двух вариантах освоения.

В ближайшее время в Юго-Западной Туркмении преимущественное развитие, очевидно, получит хлопководство. Однако, по нашему мнению, нерационально ограничиться лишь культурой хлопчатника. В районах южной группы, несмотря на отдельные морозные зимы, можно выращивать многолетние теплолюбивые культуры, в том числе инжир, гранаты, маслины, миндаль (Селянинов, 1961). Благодаря теплым зимам возможно зимнее огородничество в открытом грунте. Это позволяет рекомендовать районы южной группы для первоочередного освоения с максимально высоким коэффициентом земельного использования.

В случае освоения 700 тыс. *га* под различные культуры при преимущественном развитии хлопководства распределение площадей может быть следующим: в районах северной группы под тонковолокнистый хлопчатник может быть отведено до 170 тыс. *га*, под сады, огороды и виноградники — до 10 тыс., под рис — до 14 тыс. *га*, в районах южной группы — соответственно 30, 60 и 26 тыс. *га*; кроме того, в этих районах можно отвести под особо тонковолокнистые сорта хлопчатника до 350 тыс. *га* и под субтропические культуры — до 40 тыс. *га*.

При распределении площадей все территории, удобные для полеводства, отводятся под хлопчатник. Под сады и огороды, виноградники и рисовые плантации рекомендуется использовать земли, неудобные для полеводства, например, расположенные в полосе предгорий, имеющие сильное овражное расчленение или нуждающиеся в сложных мелиорациях.

Таблица 38

Распределение орошаемых площадей и коэффициент земельного использования по природно-мелиоративным районам

Район	Общая площадь, тыс. *га*	При освоении 300 тыс. *га*		При освоении 700 тыс. *га*	
		тыс. *га*	коэффициент земельного использования	тыс. *га*	коэффициент земельного использования
Северная группа					
Гяурлинский	137	27	0,2	82	0,6
Аджидеринский	162	32	0,2	97	0,6
Зирикский	71	—	—	14	0,2
Южная группа					
Нижнедиванский	70	56	0,8	56	0,8
Атрекский	51	15	0,3	31	0,6
Мадаусский	61	37	0,6	49	0,8
Дахистанский	222	67	0,3	155	0,7
Нижнесумбарский	22	7	0,3	15	0,7
Аджиябский	110	22	0,2	55	0,5
Чаганлы	25	20	0,8	20	0,6
Таганлычский	123	—	—	37	0,3
Караджабатырский	187	19	0,1	75	0,4
Ялангачский	34	—	—	14	0,4
Всего	1275	300		700	

Отсутствие окончательного варианта трассы канала в Юго-Западной Туркмении не позволяет конкретизировать размеры зоны его непосредственного воздействия. Поэтому влияние канала можно охарактеризовать лишь в общих чертах. Поскольку трасса канала пройдет по сравнительно выровненной поверхности подгорной пролювиальной равнины западного Копетдага и по древней дельте Атрека, можно предположить, что русло его будет достаточно устойчивым, а следовательно, зона гидрологического влияния — минимальной.

Непосредственное влияние канала на грунтовые воды в Юго-Западной Туркмении будет невелико, и вряд ли оно скажется за пределами полосы шириной более 1 *км*. Фильтрационные потери из канала при тяжелом механическом составе грунтов на пролювиальной равнине и в дельтах Атрека будут небольшими. Значительную фильтрацию можно ожидать только в районе Мешхедского песчаного массива (в том случае, если канал пройдет по этой территории).

Естественно, что наибольшие изменения в гидрогеологической обстановке произойдут в районах с высоким коэффициентом земельного использования, поскольку уже в начале освоения на их территорию будет подаваться большое количество воды. По аналогии с восточной частью зоны канала в районах Юго-Западной Туркмении в случае их освоения без дренажа подъем уровня грунтовых вод будет не меньше 1 *м* в год.

Таким образом, бездренажное освоение даже наиболее благоприятных в мелиоративном отношении районов вызовет подъем уровня грунтовых вод, что приведет к резкому ухудшению земель не позже, чем через 10—15 лет.

ЗАПАДНАЯ ТУРКМЕНИЯ

Территория Западной Туркмении, тяготеющая к проектируемой западной (красноводской) ветви Каракумского канала, расположена в северной части Западно-Туркменской равнины. Западная Туркмения является промышленным районом. Здесь добываются нефть и газ, имеются крупные промышленные центры (Красноводск, Небит-Даг, Кум-Даг). Земледелие развито очень слабо.

Характеристика геологического строения, рельефа и подземных вод

Несмотря на сходство происхождения равнин Юго-Западной и Западной Туркмении, между ними имеются существенные отличия. Они обусловлены положением Западной Туркмении на северной окраине Западно-Туркменской равнины, характеризующейся относительно грубым составом отложений и более высокой минерализацией грунтовых вод.

Геологическое строение и рельеф. На территории Западной Туркмении расположены наклонные пролювиальные равнины, развитые у подножий Большого и Малого Балханов и Красноводского плато, а также морские равнины.

Пролювиальная равнина, окаймляющая Красноводское плато, имеет ширину 1—3 *км* и уклон 0,02 и более в сторону моря. Ширина пролювиальной равнины у западного и южного подножий Большого Балхана достигает 15—16 *км*. Уклон ее уменьшается от 0,02 до 0,002 по направлению к периферии. Пролювиальная равнина, окаймляющая Малый Балхан, имеет ширину до 6—7 *км*. Наклон ее поверхности у периферии равен 0,001—0,003. Все эти равнины сложены щебнисто-супесчано-суглинистым материалом при небольшом участии морских галечников. В отличие от равнин Юго-Западной Туркмении здесь хорошо выражена литологическая зональность.

Среди морских равнин выделяются приморская новокаспийская низменность и хвалынская морская равнина. Новокаспийская низменность занимает полосу, протягивающуюся вдоль побережья Каспийского моря; на ней расположены балханский и келькорский шоры. Еще в первой половине XIX в. приморская низменность была покрыта морем. В настоящее время это плоская поверхность, сложенная засоленными ракушечными песками. Хвалынская морская равнина начинается в 10—15 *км* от берега моря. Она сложена песками хвалынского возраста, перекрывающими хазарские пески; рельеф ее грядовый и грядово-барханный.

Подземные воды. Грунтовые воды северной части Западной Туркмении образуют единый поток, имеющий свободную поверхность и направленный к западу. Уклон зеркала уменьшается по направлению к морю. В том же направлении увеличивается минерализация. Влияние местных факторов на характер и особенности грунтовых вод выражено довольно четко.

Глубина залегания грунтового потока пролювиального шлейфа Большого Балхана уменьшается от 60 *м* в верхней части шлейфа до 5—10 *м* у подножия (Шевченко, 1972). Коэффициенты фильтрации вниз по склону изменяются от 60 до 5 *м/сут*, минерализация возрастает в том же направлении от 1—7 до 70 *г/л*. По химическому составу воды смешанные. Питание грунтовых вод пролювиальной равнины Большого Балхана осуществляется в основном за счет поступления вод из юрских и меловых отложений, а разгрузка происходит в долину Узбоя и солончак Келькор.

Грунтовый поток пролювиальной равнины Малого Балхана в связи с обособленным положением этого массива имеет в плане хорошо выра-

женный радиальный характер. Глубина залегания грунтовых вод уменьшается от 20—50 *м* у подножия Малого Балхана до 1 *м* к периферии равнины, минерализация увеличивается от 1—2 до 15—25 *г/л*. Питание осуществляется преимущественно путем погружения атмосферных осадков и вод поверхностного стока. Разгрузка происходит в близлежащие участки шоров.

Грунтовые воды хвалынской морской равнины вскрываются на глубине от 0,5 до 50 *м*, причем глубина их залегания уменьшается к западу. Минерализация колеблется от 0,5 до 60 *г/л*. Наименее минерализованы воды на восточной окраине равнины, на границе песков и шоров, где происходит интенсивная инфильтрация вод временных потоков. Значительную роль в их питании играет приток из более глубоких горизонтов.

Воды новокаспийской низменности залегают на глубине 5—10 *м*. Минерализация их высока — от 50 до 120 *г/л*, в пониженных частях солончаков встречаются рассолы (до 200 *г/л*). В питании грунтового потока принимают участие как поверхностные, так и подземные воды, однако степень их участия нельзя считать установленной. В расходной части баланса преобладает испарение с солончаков, отток в Каспийское море невелик (Кудельский, Акмамедов, 1972).

Природные комплексы

В пределах равнин северной половины Западной Туркмении развиты пустынные комплексы: песчаная, песчано-суглинисто-солончаковая, щебнисто-супесчано-суглинистая и супесчано-суглинистая пустыни. По характеру ландшафта они близки к аналогичным образованиям Юго-Западной Туркмении.

Песчаная пустыня развита в центральной части рассматриваемой территории и представляет собой грядовые и барханные пески, слабо закрепленные растительностью. Песчано-суглинисто-солончаковая пустыня приурочена к приморской низменности и шорам. Щебнисто-супесчано-суглинистая и супесчано-суглинистая пустыни занимают пролювиальные шлейфы Большого и Малого Балханов. Местами супесчано-суглинистая пустыня сменяется песчано-суглинисто-солончаковой. По склонам горных массивов развиты горнопустынные комплексы, причем весьма заметная роль принадлежит комплексам скальных склонов и каменистых осыпей. У подножия Красноводского плато тянется узкой полосой щебнисто-супесчано-суглинистая пустыня.

Природно-мелиоративные районы

Под орошаемое земледелие в настоящее время можно рекомендовать лишь отдельные участки щебнисто-супесчано-суглинистой и супесчано-суглинистой пустынь, где выделяется два природно-мелиоративных района: Большебалханский и Малобалханский (см. рис. 21, *14*, *15*).

Большебалханский район (*14*) общей площадью в 30 тыс. *га* протягивается вдоль западного и южного подножий Большого Балхана. Это умеренно наклонная пологоволнистая равнина, сложенная щебнисто-супесчано-суглинистыми отложениями и покрытая полынно-солянковой растительностью. В почвенном покрове преобладают щебнистые светлые и примитивные сероземы, сменяющиеся вниз по склону супесчано-суглинистыми такыровидными солонцеватыми почвами.

В Большебалханском районе расположен один из крупнейших промышленных центров Туркменской ССР — г. Небит-Дат. Этот район относится к числу районов первоочередного сельскохозяйственного освоения на базе Каракумского канала. Для развития сельского хозяйства пригородного направления район располагает относительно благо-

приятными и легко мелиорируемыми почвами; здесь имеются земли, пригодные для использования под садоводство и виноградарство. Несмотря на то, что в этом районе возможно выращивание тонковолокнистых сортов хлопчатника, развитие хлопководства будет сдерживаться в связи с отсутствием достаточно больших для организации крупных хлопководческих хозяйств земельных площадей. По мнению З. Г. Фрейкина, А. Батырова и А. Атаева (1972), в Большебалханском районе следует развивать в основном овоще-плодово-молочное хозяйство, снабжающее население городов и городских поселков Западной Туркмении свежими овощами, молоком и фруктами.

В пределах Большебалханского района выделяются три сельскохозяйственные зоны: подгорная, центральная и периферийная.

Подгорная зона удобна для размещения виноградников и садов. Она требует минимального, по сравнению с расположенными ниже зонами, дренажа, но нуждается в значительных планировочных работах. Для этой зоны необходимо проведение противоэрозионных мероприятий. Центральная зона наиболее перспективна для широкого развития овощеводства. В периферийной зоне, кроме садоводства, виноградарства и овощеводства, возможно развитие полеводства и животноводства. Однако из-за сильной засоленности почво-грунтов, а также малых скоростей грунтового потока и его высокой минерализации в этой зоне необходимо строительство высокоэффективных дренажных систем.

Малобалханский район (*15*) общей площадью в 34 тыс. *га* по характеру природных условий и необходимым мелиоративным мероприятиям аналогичен Большебалханскому району. Однако, несмотря на относительно более благоприятные перспективы водоснабжения (по одному из вариантов проекта в пределах района будут расположены Данатинское водохранилище и водовод в сторону Небит-Дага), этот район ввиду его удаленности от Небит-Дага и небольшой площади целесообразно использовать для пригородного животноводства.

Основная цель проведения западной (Красноводской) ветви Каракумского канала — кардинальное улучшение водоснабжения крупных промышленных центров Туркмении — Красноводска, Небит-Дага, Кум-Дага и расположенных в Западной Туркмении нефтяных и газовых месторождений.

Поскольку эта часть трассы канала еще проектируется, сейчас трудно конкретизировать размеры зоны его непосредственного воздействия. Нет даже данных о возможной интенсивности фильтрации и устойчивости русла в условиях приморской низменности, занятой песчано-суглинисто-солончаковой пустыней. Можно лишь отметить, что на отрезках канала, которые пройдут по песчаной пустыне, следует опасаться больших фильтрационных потерь и русловых деформаций.

Наибольшие изменения природных условий вероятны в районах интенсивного водопотребления, особенно на территории Большебалханского района. Резкое увеличение водоподачи при отсутствии соответствующего дренажа в условиях затрудненного оттока вызовет значительный подъем уровня грунтовых вод.

ИЗМЕНЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ И НЕКОТОРЫХ ПРОЦЕССОВ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ КАРАКУМСКОГО КАНАЛА

В последнее время проблема изменения природной среды под воздействием хозяйственной деятельности человека стала весьма актуальной. В этой связи существенно отметить, что обширная территория песчано-глинистой и песчаной пустынь представляет уникальный естественный полигон. Благодаря проводившимся на нем уже в течение ряда лет наблюдениям за изменениями отдельных компонентов природной среды стало возможным решать многие задачи, имеющие важное научное значение.

Эти исследования позволяют прогнозировать развитие на рассматриваемой территории природных процессов, обусловленное воздействием антропогенного фактора, и наметить необходимые для их регулирования мероприятия. Не меньшее значение имеют проводящиеся исследования и для разработки различных сторон проблемы переброски части стока сибирских рек на юг страны. Решение этой проблемы отразится и на природе пустынь.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ИЗМЕНЕНИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ БИОКОМПЛЕКСОВ И ИХ ВОЗМОЖНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

Воды Каракумского канала — важнейший фактор, влияющий на изменение естественных биокомплексов Туркмении. Сопутствующие созданию канала распашка и орошение пустынных земель, возделывание на них культурных растений, развитие животноводства и интенсификация транспортных перевозок в том или ином отношении изменяют состав и структуру биокомплексов.

Орошение земель и фильтрация воды из канала преобразуют пустынные почвы, которые постепенно превращаются в оазисные или же в почвы, характерные для тугаев. Процесс трансформации почв весьма сложен и развивается в течение многих десятков лет. При этом изменяющиеся почвы оказывают влияние на состояние биоты, а изменяющаяся биота — на почвы. Результаты подобного взаимного влияния не всегда однозначны, но многие последствия его, очевидно, уже можно предвидеть, основываясь на имеющемся опыте орошаемого земледелия. Важно подчеркнуть, что происходящие изменения вполне закономерны и имеют характер почвенных и биотических сукцессий. Исследование таких сукцессий, несомненно, очень актуально. Его следует проводить на серии стационаров, поскольку разработка прогноза стихийных сукцессионных процессов в экосистемах, возникающих в результате изменения водного баланса в зоне влияния канала, может быть осуществлена только с помощью многолетних наблюдений.

Наиболее очевидны последствия изменений биокомплексов в зоне канала — возрастание суммарной биомассы за счет обогащения их состава, замена ксерофильных группировок организмов мезофильными и гигрофильными, стабилизация на высоком уровне численности ряда

видов растений и животных, интенсификация их жизнедеятельности. При этом значительно возрастает биологическая продуктивность территории даже на участках с сохранившимися пустынными биокомплексами. Так, разреженные саксаульники на песках превращаются в саксауловые рощи с почти сомкнутыми кронами. Однако избыточное поступление воды на некоторые участки нередко приводит к появлению больших площадей мокрых солончаков, что препятствует существованию в этих местах даже высших растений.

Основное увеличение биологической продуктивности орошаемых и обводняемых территорий происходит за счет культурных растений оазисов и элементов тугайной растительности. Кроме того, в зоне канала существенно увеличиваются ресурсы охотничье-промысловых животных. К настоящему времени особенно возросли промысловые запасы рыбы, водоплавающей птицы и кабана.

Однако наряду с положительными изменениями биокомплексов имеют место и отрицательные: нередко увеличивается численность таких животных, которые могут наносить вред сельскохозяйственным растениям, животноводству и здоровью людей. Их подавление представляет собой трудную задачу, если основываться лишь на применении традиционных методов борьбы, в частности на широком использовании ядохимикатов. В этом отношении следует возлагать надежды главным образом на биологические методы борьбы, усиливая деятельность разнообразных плотоядных и паразитических животных, способных эффективно регулировать и снижать численность растительноядных, а также переносчиков инфекций и инвазий.

Так, например, охрана лисиц, ежей и хищных птиц от истребления будет содействовать снижению численности грызунов. Большую помощь в борьбе с различными вредными растительноядными насекомыми в зоне канала могут оказать птицы, ящерицы, хищные и паразитические насекомые. Сейчас происходит заметное увеличение плотности их населения во многих местах вблизи канала, особенно в Восточно-Каракумском и Предкопетдагском биогеографических районах.

Выявление видов животных, наиболее перспективных с точки зрения регуляции численности вредителей, их экологическое и биогеографическое исследование в новых условиях, созданных в результате проведения Каракумского канала,— одно из важных направлений зоологических и эколого-биоценотических работ, проводимых на этой территории.

В связи с сооружением канала огромное значение приобретает проблема миграций вредных организмов. В полосе, прилежащей к каналу, происходит массовое расселение различных организмов в широтном направлении, а особенно взаимный обмен видами между оазисами Узбекистана, Мургаб-Тедженского района и территорий, расположенных западнее. Этому способствует не только формирование экологических русел вдоль канала, но и транспортные перевозки.

Особое внимание следует обратить на возможность проникновения в ближайшие годы на территорию среднеазиатских республик вредных видов из земледельческих районов северного Ирана (через Юго-Западную Туркмению). Например, создается угроза регулярного распространения из Ирана опаснейшего карантинного вредителя хлопчатника — бабочки «розовый червь».

Другой аспект миграционной проблемы — увеличение эпидемиологической опасности вследствие территориального слияния ранее изолированных популяций носителей инфекций и инвазий и их более постоянного и тесного контакта с сельским населением. В дальнейшем очень важно не допустить возникновения миграционных связей между тремя крупными районами концентрации и массового размножения песчанок — потенциальных носителей чумы: на Красноводском плато, в районе Казанджика — Кизыл-Арвата и в Мешхедских песках.

В общем проблема миграции животных вызывает необходимость усиления карантинного надзора, который обеспечивал бы проведение своевременных мероприятий в отношении защиты растений, здоровья людей и сельскохозяйственных животных.

Наконец, следует отметить, что сооружение и эксплуатация канала, несомненно, приводят к значительному качественному и количественному обогащению населения таких полезных насекомых, как пчелиные, опыляющих цветущий хлопчатник и многие другие культурные и пастбищные растения. Установлено, что достаточно интенсивное посещение цветков хлопчатника пчелиными повышает урожай хлопка на 20—30%, причем улучшается как качество волокна, так и всхожесть семян (Кулиев, 1960; и др.).

Изменения биокомплексов, вызванные сооружением Каракумского канала и сельскохозяйственным освоением новых площадей, происходят по-разному в различных биогеографических районах.

В Восточно-Каракумском районе в прибрежной зоне Каракумского канала произошли значительные изменения биокомплексов. Прежде всего улучшилась обеспеченность водой псаммофильной растительности вследствие фильтрации воды из канала. Широкое распространение получили тростниковые заросли и древесно-кустарниковая околоводная растительность с соответствующим животным населением тугаев. Общее качественное и количественное обогащение растительного покрова и животного населения обеспечило не только увеличение в 3—5 раз биологической продукции биокомплексов на прилегающей к каналу территории, но и их стабилизацию. Последнее выразилось в меньшем угнетении биокомплексов в засушливые годы и в их повышенной устойчивости в отношении отрицательных форм антропогенного воздействия (усиленного выпаса овец, заготовки топлива, разрушения почвенно-растительного покрова колесным транспортом).

В местах фильтрации воды из русла, преимущественно там, где канал проходит через пески, за счет значительного грунтового увлажнения вблизи канала на фильтрационных озерах возникает, как уже отмечалось, растительность тугайного типа (тростники, тамариксы), а также заросли фреатофитов (верблюжьей колючки и карелинии), потребляющих воду с глубины в несколько метров при помощи сильно развитых корней. Все эти растения значительно увеличивают биологическую продуктивность пустынь, но одновременно влияют на водный баланс прилежащей к каналу территории, поскольку они потребляют и испаряют значительное количество влаги.

В Мургаб-Тедженском районе при более полном использовании воды Каракумского канала произойдет сокращение площади в прошлом использовавшихся, но ныне заброшенных угодий, а также целинных земель, увеличится территория, занятая оазисными биокомплексами. Более широкое распространение получат тугайные растения и животные. Возможно возникновение неконтролируемого взаимного обмена животными между оазисами, расположенными на Мургабе и Теджене, и оазисами, находящимися на Амударье и Зеравшане.

В Предкопетдагском районе в процессе дальнейшего поступления вод Каракумского канала должны получить наибольшее распространение оазисные биокомплексы. Их растительный покров и животное население будут складываться из уже существовавших в пределах района оазисных видов, а также мигрантов из оазисов, расположенных восточнее, и из горных степей Копетдага. Не исключено некоторое увеличение площади сильнозасоленных почв и соответствующее распространение солончаковых биокомплексов. В целом под влиянием Каракумского канала здесь произойдет общее обогащение биокомплексов, их биологическая продукция возрастет преимущественно за счет оазисных растений и животных.

Наконец, в Прикаспийском районе после завершения строительства канала следует ожидать обогащение биокомплексов частично за счет псаммофильных растений и животных, в основном же за счет горностепных видов Копетдага. В этот район смогут проникать различные теплолюбивые и достаточно влаголюбивые виды из соседних районов Ирана, особенно с южного побережья Каспийского моря. По-видимому, должна произойти перестройка биокомплексов почти на всей территории района и ее необходимо с самого начала контролировать в интересах сельского хозяйства, так как в числе мигрантов могут оказаться различные вредители сельскохозяйственных растений, в том числе хлопчатника.

ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОЩАДЕЙ ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ И РАЗВИТИЕ ВЛАГОЛЮБИВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

В разных природных районах Каракумский канал как водная артерия имеет различное строение. В Обручевской степи, в дельтах Мургаба и Теджена и на подгорной равнине Копетдага, где территория сложена в основном суглинистыми и глинистыми, достаточно устойчивыми, грунтами, он представляет собой в основном прямолинейное профилированное сооружение, огражденное дамбами. В районе развития песчаных отложений в нем появляются изгибы, разливы, свойственные больше рекам, чем искусственным сооружениям. Особенно это заметно в песчаной пустыне Юго-Восточных Каракумов, где проходит первая очередь канала; здесь он пересекает грядовые эоловые пески. Через гряды канал проходит в хорошо локализованном русле, а в межгрядовых понижениях расширяется, образуя многочисленные разливы.

Для русла канала характерна динамичность; особенно высокой она была в первые годы его существования. Это обусловливалось как естественным процессом развития канала как водной артерии, так и проведением ряда мероприятий по регулированию поступления и расхода воды, спрямлению русла и др. Кроме того, нередко наблюдались прорывы дамб и образование разливов. Остатки дамб превращались в цепочки вытянутых островов и полуостровов. В дальнейшем русло, постоянно укрепляемое дамбами, стало значительно более стабильным. Однако и в последующие годы контуры его менялись в связи с производимыми спрямлением и расширением отдельных участков.

Наряду с изменением площади водной поверхности самого канала непосредственно после его проведения началось активное образование фильтрационных озер. В зависимости от литолого-геоморфологических и гидрогеологических условий строение и площади озер различны.

Наибольшее обводнение наблюдается в области шоров Келифского Узбоя, где происходят, как известно, выклинивание грунтовых вод, текущих в пределах дельтовых равнин с юга на север, и соприкосновение их с грунтовым потоком Низменных Каракумов. Проведение Каракумского канала по Келифскому Узбою привело к заполнению водой обширных шоровых впадин, ставших проточными озерами. В результате подъема уровня грунтовых вод образовалось множество фильтрационных озер, заполнивших мелкие впадины в эоловых песках.

В отличие от прорывов и разливов, наблюдавшихся по обоим берегам канала, фильтрационные озера в соответствии с естественным уклоном местности возникли преимущественно на его северном берегу. Они распространены на территории, простирающейся не меньше чем на 25—30 *км* к северу от канала, причем на расстоянии до 10 *км* от него произошло почти сплошное обводнение. Небольшие промежутки между озерами густо заросли влаголюбивой растительностью.

На территории пересекаемой каналом песчаной пустыни северного склона Карабиля также образовалось много фильтрационных озер, однако они имеют иное строение. Озера расположены здесь полосой, вытянутой вдоль канала, в пределах, как правило, 3—5-километровой зоны, в основном по его правобережью, занимая наиболее низкие части межгрядовых понижений. Оказались затопленными некоторые приколодезные впадины, а соединявшие их тропы превратились в протоки. Наибольшее количество озер образовалось в понижении в районе колодца Кельте-Беден на 286-м километре канала.

Проведение канала повлекло за собой быстрое изменение растительного покрова. На насыпных песках, слагающих дамбы, поселяются эфемеры, солянки, реже псаммофиты — гелиотроп, кумарчик. В непосредственной близости от канала насыпные пески зарастают тростником, верблюжьей колючкой, карелинией. Намывные пески зарастают лучше насыпных. При работе землеройных механизмов растительность не уничтожалась полностью, а погребалась под слоем вымытого из канала и насыщенного водой песка. При этом высокие деревья и кустарники песком не перекрывались и даже получали дополнительное увлажнение. Местами на участках с намывными песками поселяется тростник, но большей частью эти пески приобретают свойства подвижных и зарастают псаммофитами — селином, кандымом, вьюнком, кумарчиком, гелиотропом, хрозофорой. В ветровой тени псаммофитов появляются эфемеры — мак, малькольмия, злаки. Проективное покрытие на намывных песках может достигать 15%, изредка больше.

Возникновение и распространение в зоне влияния канала влаголюбивой растительности, которая ранее не была свойственна этой территории, связаны с уменьшением глубины залегания грунтовых вод, пополняемых в результате фильтрации, и с особенностями развития озер прорыва и фильтрационных. Непосредственно с водами канала связаны группировки гидро- и гигрофитов, представленные прежде всего тростником обыкновенным, распространенным на всем протяжении канала почти повсеместно и на его берегах, и в воде до глубины 1—1,5 м. Он достигает здесь высоты 3—4 *м* и больше. В разливах и фильтрационных озерах тростник занимает наибольшие площади, образуя местами непроходимые заросли.

В стоячих пресных водах разливов и фильтрационных озер в непосредственной близости от канала наряду с зарослями тростника встречаются столь же густые заросли рогоза. Он представлен двумя видами: рогозом гроссгейма, обитающим чаще всего в разливах и крупных фильтрационных озерах, и рогозом малым, приуроченным к мелким фильтрационным озерам и их берегам.

На пологих берегах канала и озер, а также в межгрядовых понижениях при глубине залегания грунтовых вод до 50—80 *см* распространены почти чистые заросли тростника, к которому примешивается лишь стелящееся травянистое сложноцветное растение — парамикроринкус полегающий. Тростник здесь ниже обычного (порядка 1—2 *м*), в местах водопоя скота он бывает потравлен или совсем вытоптан.

При большей глубине залегания грунтовых вод (от 0,5—0,6 до 2 *м*) тростник сильно изрежен и невысок (около 0,5—1,5 *м*). Там, где грунтовые воды залегают глубже 2—3 *м*, тростник исчезает. Его сменяют фреатофиты — верблюжья колючка и карелиния. Наибольшее развитие их наблюдается при слабосолоноватых грунтовых водах при глубине их залегания от 3 до 5—6 *м*. Эти растения достигают высоты порядка 1 *м*, и заросли их весьма густы (проективное покрытие составляет местами до 80—100%). Ширина пояса фреатофитов зависит прежде всего от рельефа местности. Так, в песчаной пустыне с грядовым и бугристо-грядовым рельефом, для которого характерны сравнительно большие перепады высот, фреатофиты занимают днища понижений и подни-

маются по склонам на высоту до 2—2,5 *м* над урезом воды, образуя полосу шириной 10—20 *м*. На участках со сравнительно выровненным рельефом они проникают по понижениям и невысоким грядам на расстояние в несколько десятков и даже сотен метров от канала.

Среди густых зарослей фреатофитов часто прослеживаются чиевотамариксовые ассоциации; крупные экземпляры чия и тамарикса произрастают на расстоянии в несколько десятков сантиметров один от другого.

Отдельные кусты, небольшие группы и даже рощицы тамарикса встречаются как в зоне, примыкающей к каналу, так и вне ее (например, вокруг шоровых впадин) в местах с близким залеганием грунтовых вод, в том числе соленых. Тамарикс произрастает и вокруг участков открытой воды, вплоть до тех мест, где грунтовые воды залегают на глубине от 4—5 до 10—15 *м* (Востокова и др., 1962). Во многих случаях в замкнутых понижениях наблюдается засоление. Тогда понижения зарастают солянками и сведами (иногда проективное покрытие достигает 100%). В некоторых из таких понижений ранней весной встречаются небольшие зеркала открытой воды, пересыхающие к началу апреля.

При глубине залегания грунтовых вод более 10 *м* заметных изменений растительности, связанных с приходом вод канала, как правило, не наблюдается. Зона непосредственного влияния Каракумского канала, в пределах которой поселяется влаголюбивая растительность, значительно лучше развита в районах песчаной пустыни, чем на глинистых равнинах, причем на северном берегу канала она в несколько раз шире, чем на южном.

Анализ картографических и аэросъемочных материалов, относящихся к 1959, 1963, 1965 и 1972 гг.[1], позволил установить основные закономерности развития различного типа озер (прорыва, фильтрационных) и связанных с водной поверхностью представителей влаголюбивой растительности, подсчитать занимаемые ими площади[2] и наметить некоторые тенденции их изменений во времени.

Наибольшие изменения, естественно, происходили в первые годы эксплуатации канала. К 1963 г. основная часть фильтрационных озер с соответствующей растительностью уже образовалась. К 1972 г. размер территории с этими озерами оставался в целом прежним, хотя в ее пределах произошли значительные изменения площадей как водной поверхности, так и занятых влаголюбивой растительностью.

С 1963 по 1972 г. произошло общее сокращение водной поверхности от 181 до 130—145 *км*^{2}; уменьшились площади как озер, непосредственно связанных с каналом, так и фильтрационных. Этому способствовало спрямление наиболее извилистых отрезков канала. Участки прежнего русла постепенно отшнуровываются и высыхают. Значительно меньше стало разливов, прежде всего за счет строительства дамб. Акватории старых разливов постепенно уменьшились в результате зарастания берегов. Водная поверхность сократилась также вследствие ликвидации бывших сбросов, функционировавших лишь первое время после строительства канала. Из четырех сбросов, существовавших в пределах первой очереди канала (от головного сооружения до начала дельты Мургаба), к 1972 г. регулярно действовал только сброс из оз. Часкак в оз. Карамет-Нияз.

Проточные озера Келифского Узбоя сильно заносятся песком и илом. Кроме того, наблюдается активное зарастание водной поверхности влаголюбивой растительностью, особенно в изолированных или полуизолированных водоемах со слабым течением — в фильтрационных

[1] Дешифрование аэрофотоснимков производилось авторами раздела, а также К. Н. Аргасовой и А. П. Бабухиным.

[2] Определялись площади участков размером более 0,5 *га*.

озерах, разливах, старых руслах. В фильтрационных озерах тростниковые заросли постепенно продвигаются от берега к центру озера. Сначала они образуют кольцо вокруг озер, занимая их берега и мелководные прибрежные части. Со временем площадь водной поверхности сокращается, чему заметно способствуют отложение в ветровой тени прибрежных зарослей дефляционного материала и осаждение в районе этих зарослей мелких частиц, переносимых водами канала.

Общая площадь, занятая тростниково-рогозовыми ассоциациями в зоне влияния канала, увеличилась с 1963 по 1972 г. на 16 *км*², в то время как площадь чистой водной поверхности уменьшилась на 50 *км*². Это связано, по-видимому, с тем, что по мере обмеления озер и наступления тростника на водную поверхность по их внешнему краю условия для его произрастания ухудшаются, и он постепенно замещается фреатофитами (верблюжьей колючкой, карелинией и др.). Площади последних за рассматриваемый промежуток времени возросли на 36 *км*².

Широкое распространение вдоль канала получил и тамарикс (его заросли встречались на отдельных участках на Келифском Узбое и до прокладки канала). К 1963 г. он образовал нешироκий пояс вокруг озер Келифского Узбоя, местами вдоль канала, а в Обручевской степи — сравнительно крупные чистые заросли. К 1972 г. тамарикс распространился во всей зоне влияния канала первой очереди. В настоящее время он в большем или меньшем количестве присутствует на берегах канала и озер почти повсеместно. Общая площадь, занятая тамариксом, достигла в 1972 г. примерно 39 *км*².

Значительные изменения произошли за это время и на площади, занятой галофитами. До проведения канала последние были распространены в основном в Обручевской степи и в шоровых впадинах Келифского Узбоя. После постройки канала в связи с затоплением впадин и опреснением грунтовых вод галофиты были в значительной степени вытеснены другой растительностью, и в 1963 г. занятые ими площади были невелики. К 1972 г. в результате засоления пересыхающих озер площадь под галофитами (солянками, сарсазаном, поташником и др.) сильно увеличилась. Особо следует отметить появление небольших пятен (менее 1 *га*) с мощным покровом галофитов (проективное покрытие до 90—100%). Общая площадь, занятая галофитами на солончаках вдоль канала, составила в 1972 г., по нашим подсчетам, около 40 *км*².

В разных природных районах наблюдаются свои особенности изменения водных объектов и влаголюбивой растительности. В пределах Келифского Узбоя происходит быстрое заиление проточных озер-отстойников. К 1963 г. были заилены и заросли восточные, сравнительно небольшие, озера (Зеленое, Лебединое и др.). К 1972 г. почти полностью заросли и крупные западные озера (Балты, Петели, Карангышор). Замедление течения в канале в тростниковых зарослях способствует более активному осаждению в озерах песка и ила, что приводит к их обмелению и интенсивному зарастанию. За 9 лет (с 1963 по 1972 г.) площадь водной поверхности проточных озер сократилась почти на одну треть.

Среди озер в районе Келифского Узбоя вдоль канала различаются чисто фильтрационные, занимавшие в 1963 г. 32 *км*², и сбросно-фильтрационные, в отличие от первых немногочисленные и крупные (Карамет-Нияз и ряд других на северо-западном продолжении Келифского Узбоя). Их площадь достигала 40 *км*². К 1972 г. здесь произошли значительные изменения. Мелкие фильтрационные озера сильно заросли, и их водная поверхность уменьшилась до 13,5 *км*². Одновременно на продолжении Келифского Узбоя образовались новые сравнительно крупные озера общей площадью около 15 *км*², которые только еще начинают зарастать влаголюбивой растительностью. Площади сбросно-

Таблица 39

Площади водной поверхности и влаголюбивой растительности на транзитном участке Каракумского канала в 1963 и 1972 гг., $км^2$

Природный район	Год	Водная поверхность				Растительность			
		канал, разливы, проточные озера	фильтрационные озера	сбросно-фильтрационные озера	общая площадь	тростник, рогоз	верблюжья колючка, карелиния, суходольный тростник	тамарикс	общая площадь
Долина Амударьи и Приамударьинская барханная полоса	1963	5,5	—	—	5,5	3	9	Не выявлен	12
	1972	5	—	—	5	3	9	0,3	12,3
Келифский Узбой	1963	63	32	40	135	52	30	Не выявлен	82
	1972	40	13,5	40	93,5	65	50	6	121
Обручевская степь	1963	7,5	—	—	7,5	4	4	8	16
	1972	6,5	0,6	—	7,1	6	5	29	40
Песчаная пустыня	1963	20	13	—	33	14	13	—	27
	1972	18	7	—	25	15	28	4	47
Общая площадь	1963	96	45	40	181	73	56	8	137
	1972	69,5	21,1	40	130,6*	89	92	39,3	220,3

* В 1972 г. аэросъемка производилась осенью, когда уровень воды в фильтрационных озерах относительно понижен. В весенне-летний период площадь водной поверхности примерно на 10% больше.

фильтрационных озер за счет зарастания сократились до 25 $км^2$. В целом в пределах Келифского Узбоя водная поверхность фильтрационных озер разного типа уменьшилась примерно на 18 $км^2$ (табл. 39).

Таким образом, наши данные подтверждают прогноз О. Ниязова (1967) о некотором сокращении площади фильтрационных озер к 1970 г. Ее уменьшение продолжается. Вместе с тем в западной части Келифского Узбоя наблюдается приращение площади озер.

В песчаной пустыне также происходит активное зарастание разливов и озер влаголюбивой растительностью. На этой территории канал, как отмечалось, обладал наиболее извилистым руслом. К 1972 г. было произведено несколько спрямлений его, и в настоящее время вблизи спрямленных участков формируются новые фильтрационные озера. Динамика процессов их образования и зарастания отчетливо прослеживается на примере района Кельте-Беден. В 1963 г. здесь существовали крупные разливы, огражденные дамбами. Вокруг канала и разливов, в основном к северу от них, была развита система мелких фильтрационных озер (рис. 24). В последующие годы контуры разливов, непосредственно связанных с каналом и хорошо укрепленных дамбами, сохранились прежними. В них произошли лишь некоторые небольшие изменения — появилось несколько островов и полуостровов. Однако число фильтрационных озер и их площади сильно менялись. К 1965 г. на северном берегу канала бóльшая часть мелких озер слилась и образовалось несколько крупных. Появилось также много новых небольших озерков. Общая площадь фильтрационных озер с 1963 г. по 1965 г. увеличилась почти в 2 раза (табл. 40).

Четко выраженная направленность процесса расширения водной поверхности в эти годы не исключала и обратного явления — зарастания ряда озер, их зарастания и высыхания. Эти процессы происходили одновременно и повсеместно, однако при значительном преобладании процесса увеличения водной поверхности.

Площади, занятые гигрофитными растительными группировками, за это время также увеличились. Тростниковые заросли, занимавшие в

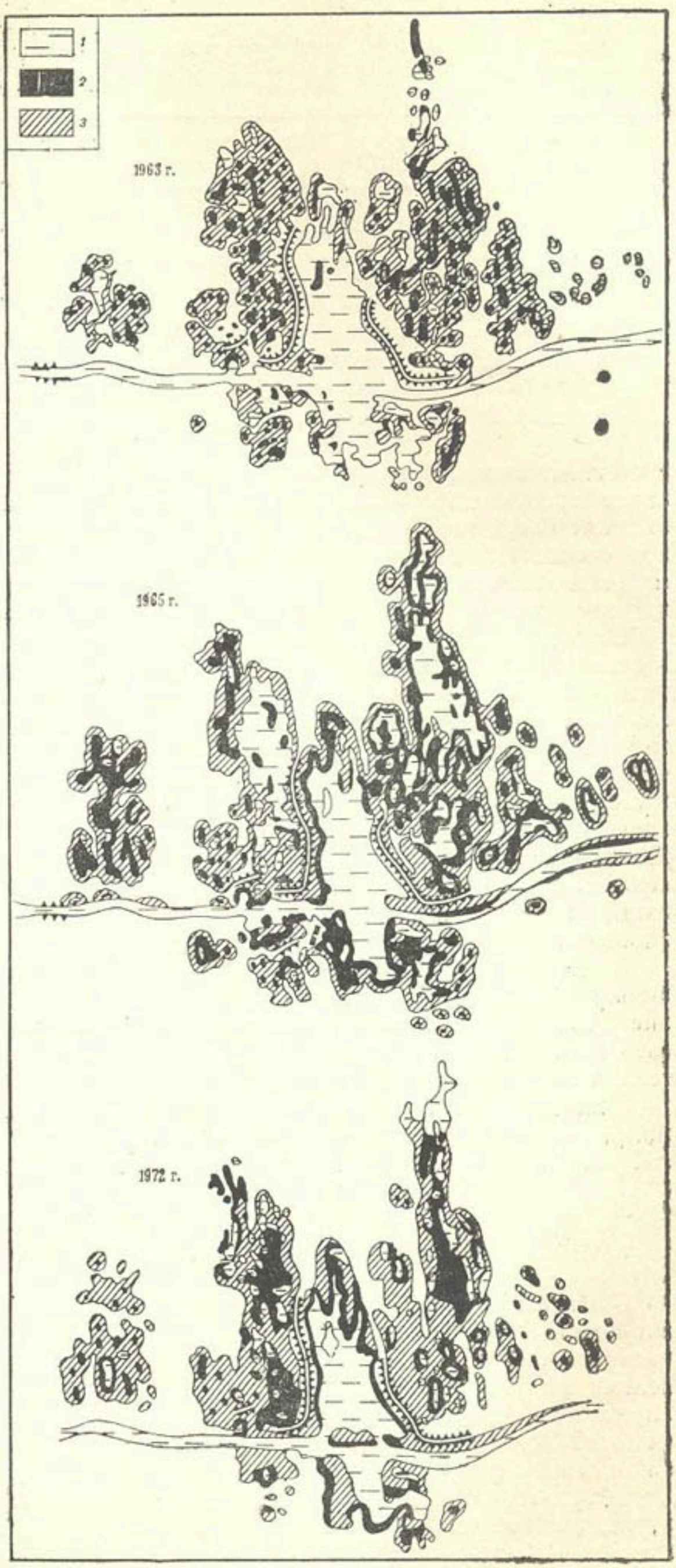


Рис. 24. Изменения площадей водной поверхности канала и влаголюбивой растительности с 1963 по 1972 г. в разливах Кельте-Беден

1 — водная поверхность;
2 — тростник и рогоз;
3 — верблюжья колючка и карелиния

Таблица 40

Динамика площадей чистой водной поверхности фильтрационных озер и влаголюбивой растительности в районе Кельте-Беден (на 286-м километре канала), *км*²

Объект наблюдения	1963 г.	1965 г.	1972 г.
Водная поверхность фильтрационных озер	0,75	1,4	0,5
Поверхность, занятая влаголюбивой растительностью:			
тростником и рогозом	0,85	1,5	1,0
верблюжьей колючкой и карелинией	1,58	2,0	2,4
Всего	3,18	4,9	3,9

1963 г. отдельные островки, сомкнулись в единую полосу. Почти сплошь зарос тростником южный берег разливов Кельте-Беден. Наиболее высокие части затопленных песчаных гряд превратились в острова и полуострова, также активно зарастающие. За два года расширились и площади, занятые верблюжьей колючкой и карелинией. Этими растениями заросли подножия дамб и прилегающие части суши. Однако к 1972 г. количество и размеры фильтрационных озер вновь сократились. Мелкие озера сильно заросли, а крупные превратились в цепочку мелких. Уменьшилась и их общая площадь. Меньше стали и площади, занятые ассоциацией гигрофитов, однако возросли площади под фреатофитами.

Для песчано-глинистой равнины Обручевской степи разливы и фильтрационные озера не характерны. Вместе с тем здесь наблюдается искусственное обводнение, связанное с развитием орошаемого земледелия, например, в районе с. Топуркак. По берегам канала тростник, верблюжья колючка и карелиния распространены неширокими полосами, но тамариксовая растительность занимает сравнительно большие площади.

В дальнейшем эволюция водной поверхности и растительности в зоне влияния канала, вероятно, будет происходить, как и в последние годы, в направлении активного заиления и зарастания проточных озер Келифского Узбоя и усиленного зарастания влаголюбивой растительностью фильтрационных озер.

Ожидать значительного расширения зоны влияния канала, по-видимому, нет оснований. Скорее можно предполагать даже некоторое ее сокращение за счет уменьшения фильтрационных потерь канала.

РАСХОДОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ВОД КАНАЛА

В многоплановой проблеме водного баланса территорий в зоне влияния Каракумского канала одним из узловых является вопрос о расходовании его фильтрационных вод. Следует заметить, что если величина фильтрации оценивалась и при проектировании, и при эксплуатации канала, то необходимость определения статей расхода его фильтрационных вод возникла лишь в последнее время в связи с их накоплением в грунтах.

Образование фильтрационных вод обычно рассматривается как отрицательное явление, что не во всех случаях правомерно. Так, например, на участке от 200 до 300 *км*, согласно данным Б. Т. Кирсты и Б. Сапарова, за время работы канала величина фильтрационных

потерь, достигавшая вначале 1,2 *км³/год*, в последнее время уменьшилась до 0,5 *км³/год*. Поэтому не исключено, что за счет фильтрационных вод сформировалась пресная линза, объем воды в которой можно ориентировочно считать равным объему фильтрационных потерь за вычетом расходов на испарение и возможный отток.

Не менее важной задачей является определение объема фильтрационных вод, участвующих в питании грунтовых вод оазисов. Для этого также необходимо знать, какая часть их испаряется до поступления в оазис.

Фильтрационные воды начали расходоваться на испарение одновременно с вводом канала в эксплуатацию, но ощутимым их расход стал только после того, как, заполнив подземные емкости, они подтянулись близко к поверхности и стали доступными для естественной влаголюбивой растительности. Достаточно мощными испарителями фильтрационных вод стали и фильтрационные озера, образовавшиеся в наиболее глубоких понижениях рельефа.

Для разработки методов исследования роли естественной растительности в расходовании фильтрационных вод канала необходимо иметь хотя бы самые общие данные о ее экологических особенностях и в первую очередь о ее потребности в воде. Не вдаваясь в детали существующих классификаций пустынной растительности (Бейдеман и др., 1962; Востокова, 1967; и др.), подчеркнем, что для целей наших исследований наиболее приемлема классификация, в основу которой положена экологическая реакция растительности на глубину залегания и минерализацию подземных вод. Согласно такой классификации выделяются фреатофиты, использующие главным образом грунтовые воды, гидрофиты и гигрофиты, потребляющие в основном поверхностные воды, в том числе воды фильтрационных озер, или обитающие на избыточно увлажненной почве. Фреатофиты и в меньшей степени гигрофиты потребляют как пресную, так и минерализованную воду.

Из фреатофитов в зоне влияния Каракумского канала, как уже указывалось, развиты в основном верблюжья колючка, карелиния и тамарикс, а среди гигрофитов наиболее распространен тростник. Верблюжья колючка произрастает на песчаном субстрате при глубине залегания грунтовых вод от 1 до 10 *м*; она предпочитает воды с минерализацией до 12 *г/л*. Наиболее благоприятными условиями, при которых эти растения достигают максимальной густоты и мощности, являются слабосолоноватые воды при глубине их залегания около 4—6 *м*. При повышении их уровня число экземпляров на единицу площади увеличивается, но мощность растений уменьшается, а при уровне ниже 4 *м* верблюжья колючка становится и менее густой, и менее мощной.

Места обитания тамарикса и карелинии приурочены к песчано-суглинистым грунтам, где глубина залегания подземных вод не превышает 10 *м*; они могут использовать и соленые воды (до 50 *г/л*). При глубине залегания солоноватых и соленых грунтовых вод, превышающей 10 *м*, могут произрастать только некоторые специфические виды тамарикса. Оптимальные гидроэкологические условия для черного саксаула — это наличие слабосолоноватых грунтовых вод, залегающих на глубине 6—8 *м* (Новикова, 1972).

К сожалению, учесть все разнообразие гидроэкологических условий, определяющих биомассу той или иной растительности, и использовать этот показатель при оценке величин испарения и транспирации пока не представляется возможным. Поэтому приходится вводить ограничивающие условия, позволяющие дифференцировать и определять величину испарения в зависимости только от густоты растительного покрова, которая, как подчеркивалось выше, тесно связана с глубиной залегания и минерализацией грунтовых вод. Именно эти два показателя и были использованы при выборе ключевых участков, на которых проводились

соответствующие наблюдения, позволяющие оценить величину испарения по методу теплового баланса.

В отличие от методики, рекомендуемой в «Руководстве по градиентным наблюдениям и определению составляющих теплового баланса» (1964), отсчеты температуры и влажности воздуха производились нами более часто и не на двух, а на четырех уровнях 2-метрового профиля над растительностью. Это обеспечивало получение более надежных величин градиентов температуры и влажности воздуха и, следовательно, повышало точность определения величины испарения по указанному методу. Обобщенные данные наблюдений за испарением сведены в табл. 41.

Таблица 41

Испарение с основных видов фреатофитов, *мм/мес* *

Вид	Покрытие, %	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Сумм
Верблюжья колючка	100	—	198	220	256	(180)	(100)	954
	50	—	(45)	99	98	90	(50)	382
	40	—	(37)	(80)	(85)	81	75	358
Карелиния	100	(68)	114	151	250	188	(90)	861
	50	68	86	94	(95)	84	56	483
Тамарикс	90	(70)	(104)	113	118	(100)	83	588
	50	80	75	75	95	76	(70)	471
Тростник, произрастающий на суше	100	(64)	(150)	(236)	344	264	140	1198

* В скобках указаны величины, интерполированные по наблюдениям в отдельные дни.

Если степень покрытия какого-либо из рассматриваемых видов растений не достигает приведенного в табл. 41 нижнего предела, то это указывает на присутствие в растительном покрове и другого вида, т. е. что однородная испаряющая поверхность, представленная определенной растительной ассоциацией, стала неоднородной. Например, к тростнику часто присоединяется верблюжья колючка или карелиния, и тогда проективное покрытие данной ассоциации в целом превышает 50%.

По-видимому, для одного вида растительности изменение величины испарения с увеличением степени проективного покрытия имеет криволинейный характер. Однако такая кривая будет достаточно пологой, что позволяет в первом приближении оценивать величину испарения по прямой (пропорциональной) зависимости.

В зоне влияния Каракумского канала влаголюбивая растительность развита как на транзитных участках, так и в оазисах. Для оценки роли фреатофитов в формировании грунтовых вод на транзитных участках необходимо определить величину испарения естественной влаголюбивой растительностью в пределах всей зоны. На орошаемых же территориях в первую очередь следует оценить объем фильтрационных вод канала, поступающих в освоенную часть оазиса. Для этого необходимо определить величину испарения фреатофитами лишь в пределах узкой, непосредственно прилегающей к каналу, полосы шириной обычно не более 300 *м*.

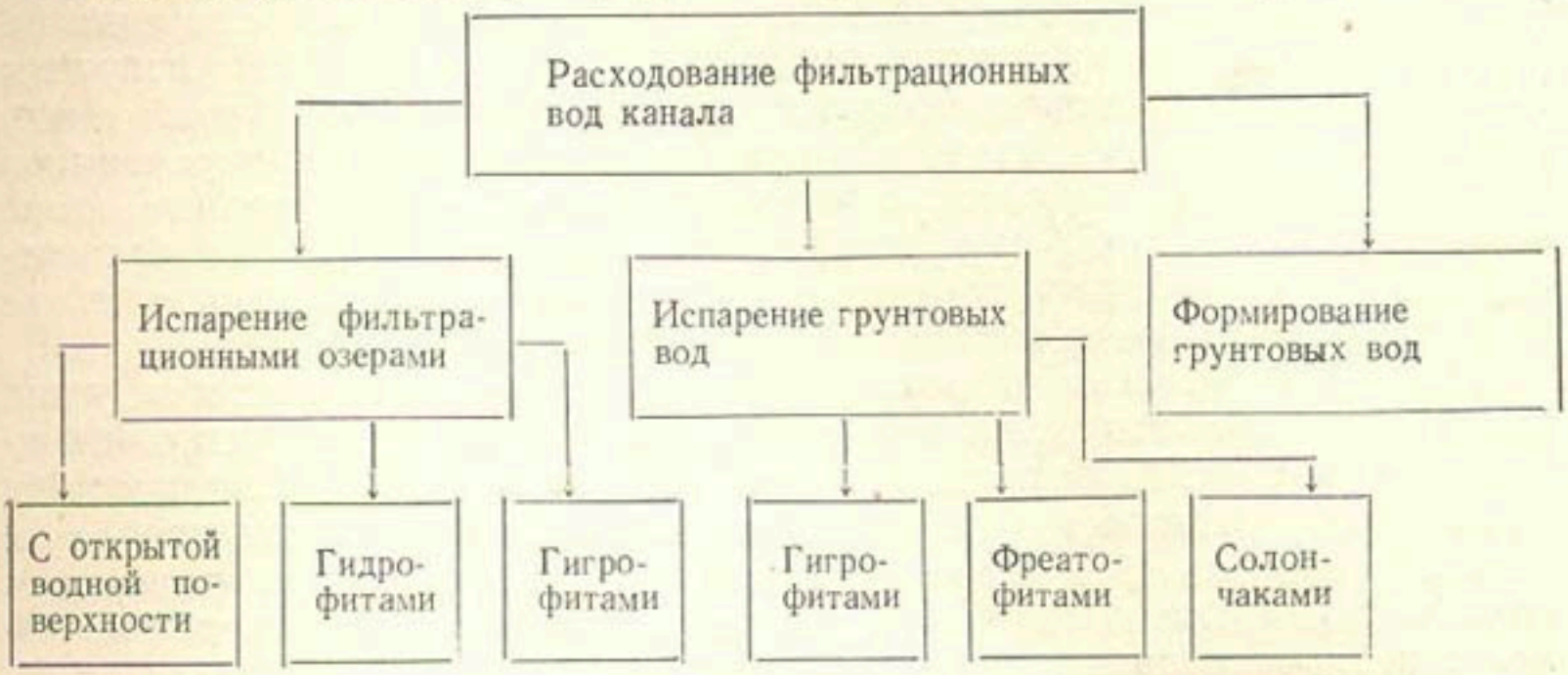
На транзитных участках величина фильтрационных вод, участвующих в формировании грунтовых вод, может быть определена в первом приближении по формуле

$$m = Q_{\Phi} - E,$$

где m — количество фильтрационных вод, пополняющих запасы грунтовых вод, $Q_ф$ — общее количество фильтрационных вод, поступающих из канала, определяемое по русловому балансу, E — суммарное испарение фильтрационных вод растительностью и с водной поверхности фильтрационных озер в зоне влияния канала. Ширина полосы влияния фильтрационных вод на отдельных участках канала первой очереди изменяется от 2—3 до 20—25 *км* и более. На схеме 3 показано расходование фильтрационных вод канала на транзитных участках.

Схема 3

Структура расходования фильтрационных вод канала на транзитных участках



В табл. 42 приведены данные по суммарному расходу фильтрационных вод на испарение по длине канала, начиная от головного сооружения и до 310-го километра, на четырех участках, отличающихся по своим литолого-геоморфологическим характеристикам, а следовательно, и по формированию и режиму грунтовых вод (Ниязов, 1970; Бакашев и др., 1973). Различным оказалось и расходование фильтрационных вод канала на испарение.

Таблица 42

Суммарный расход фильтрационных вод канала на испарение, млн. $м^3$

Территория	Год	Характер испаряющей поверхности				Суммарный расход воды на испарение
		водная поверхность фильтрационных озер	тростник и рогоз	фреатофиты и суходольный тростник	тамарикс	
Приамударьинская барханная полоса и долина Амударьи	1963	—	7,20	6,93	—	14,13
	1972	—	7,20	6,93	0,16	14,29
Келифский Узбой	1963	93,60*	96,00	23,10	—	212,70
	1972	73,80*	108,00	38,50	3,18	223,48
Обручевская степь	1963	—	9,60	3,28	4,24	17,12
	1972	1,08	14,40	3,85	15,37	34,70
Песчаная пустыня в западной части первой очереди канала	1963	23,40	33,60	10,01	—	67,01
	1972	12,60	37,00	21,56	2,12	73,28
Всего	1963	117,00	146,40	43,32	4,24	320,96
	1972	87,48	166,60	70,84	20,83	345,75

* Включая 50% испарения с площади сбросно-фильтрационных озер.

Для его оценки мы принимали, что величина испарения с открытой водной поверхности озер равна, по данным Н. С. Орловского (1971), 1800 *мм/год*, с озер, поросших тростником и рогозом,— 2400 *мм/год* (Сапаров, Минаева, 1965), с тамариксовых ассоциаций, по нашим наблюдениям,— 530 *мм/год*. Испарение с поверхностей, занятых одновременно верблюжьей колючкой, карелинией и тростником, принималось равным 770 *мм/год*, т. е. средней арифметической величине его с каждого вида растительности. Такой подход не вполне корректен, и более точные результаты, естественно, были бы получены при определении величины испарения с каждого вида растительности.

Для определения суммарного расходования влаги на испарение необходимо было получить произведение удельных величин испарения на размеры испаряющих поверхностей. Последние были получены Н. М. Богдановой по аэрофотоматериалам (см. табл. 39). К сожалению, существующие приемы геоботанического дешифрирования аэроснимков пока не позволяют достаточно уверенно обособлять названные выше виды растительности. Кроме того, занятые ими суммарные площади невелики, и использование средневзвешенного испарения дает ошибки, не выходящие за пределы точности выполненных расчетов.

Данные табл. 41 и 42 показывают, что общая величина испарения фильтрационных вод канала пропорциональна площади фильтрационных озер и общей площади, занятой влаголюбивой растительностью. Суммарная величина испарения фильтрационных вод в зоне канала за период с 1963 по 1972 г. мало изменилась. В то же время отмечаются достаточно резкие колебания ее на отдельных участках вследствие изменения характера испаряющей поверхности. При этом, как правило, площади фильтрационных озер (чистых и поросших водной растительностью) сократились, а поверхности, занятые фреатофитами, не возросли. Кроме того, наметилась тенденция к увеличению площади поросших галофитами солончаков, которая к 1972 г. достигла 40 *км*^{2}.

По отдельным участкам за период с 1963 по 1972 г. проявились следующие изменения в расходовании фильтрационных вод канала на испарение.

В долине Амударьи и в приамударьинской барханной полосе (от головного сооружения до 50-го километра), испытывающих влияние грунтового потока со стороны Амударьи, в зоне влияния канала потери вод на фильтрацию составляют 82 млн. *м*^{3}*/год*. Площади озер и фреатофитов, появление которых связано с фильтрационными водами канала, оказались довольно стабильными, а величины испарения с них примерно одинаковыми — около 7 млн. *м*^{3}. Суммарный расход фильтрационной воды на испарение составил 14 млн. *м*^{3}, т. е. 17% ее общего объема. Остальные 68 млн. *м*^{3}, по-видимому, питают каракумский поток грунтовых вод, направленный от Амударьи на запад.

В пределах Келифского Узбоя (участок 50—100 *км*), где отмечается наибольшее развитие фильтрационных озер, уровень грунтовых вод поднялся к 1967 г. на 10—12 *м*, ширина зоны влияния канала достигла на правом берегу 25—30 *км*, на левом — 5—7 *км*. В последующие годы в связи с увеличением расходов воды в канале она несколько расширилась, но площади фильтрационных озер, а следовательно, и испарение с них заметно уменьшились главным образом вследствие высыхания озер.

Соответственно увеличились площади, занятые фреатофитами. В целом к 1973 г. расходование фильтрационных вод канала на испарение увеличилось на 11 млн. *м*^{3}. Это указывает на то, что фильтрационные потери в общем балансируются суммарным испарением грунтовых вод и их оттоком за пределы зоны влияния Каракумского канала. На испарение в среднем расходовалось 218 млн. *м*^{3}, или около 70% фильтрующихся вод, и лишь 92 млн. *м*^{3}, т. е. 30%, достигало грунтовых вод.

Для Обручевской степи (участок 100—180 *км*) характерна относительно неширокая зона влияния канала, которая даже по правому берегу не превышает 6—8 *км*. В начальный период пуска воды по каналу уровень грунтовых вод в 100 *м* от него поднялся на 16 *м*, в 5000 *м* — всего на 1 *м*. В последующие годы установившийся уровень грунтовых вод отмечался в скважинах, расположенных на расстоянии 200 *м* от канала.

Медленное продвижение фильтрационных вод в сторону от канала привело к тому, что к 1964 г. общая площадь фильтрационных озер, поросших в основном тростником и рогозом, не достигала и 5 $км^2$. В дальнейшем их количество возросло, а площадь к 1973 г. увеличилась примерно в 1,5 раза. За это время площади, занятые верблюжьей колючкой, суходольным тростником и карелинией, почти не изменились, но площадь под зарослями тамарикса увеличилась почти в 4 раза (см. табл. 42). В результате в пределах Обручевской степи расход фильтрационных вод на испарение возрос почти в 2 раза: в 1963 г. он составил 17 млн. $м^3$, или 12% потерь вод канала на фильтрацию, а в 1972 г.— уже 25%.

Есть основание полагать, что в будущем площади фильтрационных озер на рассматриваемом участке станции будут уменьшаться, а площади, занятые фреатофитами, увеличиваться, занимая, однако, незначительную часть всей территории, испытывающей влияние Каракумского канала.

Песчаная пустыня в западной части первой очереди Каракумского канала (участок 180—310 *км*) характеризуется довольно широким развитием фильтрационных озер. Площади их с течением времени уменьшаются, особенно озер, не поросших водной растительностью. Одновременно возрастают площади, занятые фреатофитами. Однако изменения в соотношении характерных испаряющих поверхностей практически не оказывают влияния на объем фильтрационных вод, расходуемых на испарение: в 1963 г. он достигал 67 млн. $м^3$, а в 1972 г. — 73 млн. $м^3$. Таким образом, в питании грунтовых вод в зоне влияния канала за счет фильтрационных потерь наблюдается определенная стабильность.

Местами сохранившиеся довольно густые рощи черного саксаула используют на испарение и транспирацию не фильтрационные, а более глубоко залегающие грунтовые воды. Поэтому при оценке расходования фильтрационной воды на испарение транспирация данной растительностью не учитывалась.

Средний годовой расход фильтрационных вод на испарение на этом участке за период с 1963 по 1972 г. равен 70 млн. $м^3$, тогда как фильтрационные потери оценивались в 720 млн. $м^3$ в год, т. е. подавляющая часть их (более 90%) шла на пополнение запасов грунтовых вод.

Согласно русловому балансу потери на фильтрацию в зоне канала на участке 0,7—310 *км* были с 1959 по 1974 г. в среднем равны 1400 млн. $м^3$ в год, в 1959 г.— 1820 млн. $м^3$, а в последующие годы они несколько сократились, составив около 1400 млн. $м^3$ в год. Из этого количества за 1959—1974 гг. на испарение в среднем ежегодно расходовалось 333 млн. $м^3$, или 24%, остальная часть пополняла грунтовые воды (табл. 43).

Расход на испарение определялся как среднее арифметическое этого расхода за 1963 и 1972 гг. Из анализа изменения площади испаряющих поверхностей следует, что при таком подходе получаемая точность расчета для практики вполне приемлема.

Как отмечалось, в оазисах наибольшее значение имеет оценка количества фильтрационных вод, испаряющихся в узкой полосе, непосредственно прилегающей к каналу. Зная расход в ней фильтрационных вод на испарение, можно оценить их количество, поступающее в пределы освоенной орошаемой части оазиса по формуле:

$$q = Q_ф - E,$$

Таблица 43

Структура расходования фильтрационных вод, млн. $м^3$ (1959—1974 гг.)

Территория	Фильтрационные потери	Испарение	Пополнение грунтовых вод
Приамударьинская барханная полоса и долина Амударьи	1 312	227	1 085
Келифский Узбой	4 960	3500	1 460
Обручевская степь	2 192	432	1 760
Песчаная пустыня в западной части первой очереди канала	11 520	1120	10 400

где q — количество фильтрационных вод канала, поступающих в орошаемую часть оазиса, $Q_ф$ — общее количество фильтрационных вод, E — суммарное испарение влаголюбивой растительностью, развитой в полосе, примыкающей к каналу.

Выяснение дальнейшей судьбы фильтрационных вод канала, поступивших в орошаемую зону (участвуют ли они в пополнении запасов грунтовых вод в оазисах или расходуются на испарение различной растительностью на полях), представляет самостоятельную гидрологическую задачу, при решении которой остаток фильтрационных вод составляет приходную часть водного баланса оазиса. При этом удельный вес таких фильтрационных вод неизмеримо мал по сравнению с количеством воды, поступающей на орошение. Так, например, в Мургабском оазисе в начале 70-х годов на орошение забиралось 3,3 $км^3$ в год, тогда как за счет фильтрационных потерь из канала на его земли поступало лишь 0,13 $км^3$ воды. Вместе с тем, как будет показано ниже, роль фильтрационных вод в подъеме уровня грунтовых вод в пределах оазиса может быть более значительна, чем это можно было предположить.

Общая структура испарения в пределах оазисов показана на схеме 4. В дополнение отметим, что бóльшая часть сбросных вод расходуется на испарение, а меньшая — на питание грунтовых вод. В приведенной схеме

Схема 4

Структура расходования вод канала в оазисах



нас интересует ее левая часть, а именно, расходы фильтрационных вод канала на испарение фреатофитами, развитыми в приканальной полосе. Ширина ее составляет всего 200—300 $м$ и лишь изредка (на коротких участках) достигает 500 $м$. Конечно, влаголюбивая естественная растительность развивается и на территории оазисов, но в них она, по-види-

мому, использует фильтрационные воды не столько канала, сколько оросительных систем и орошаемых полей, а также сбросные и дренажные воды.

В Мургабском оазисе (участок от 310 до 410 *км*) полоса с наиболее активным использованием фильтрационных вод фреатофитами имеет ширину 150—200 *м* по обе стороны от канала (Ниязов, 1967). Так как канал пересекает в различной степени освоенные районы, а следовательно, с различной минерализацией и глубиной залегания грунтовых вод, то для приканальной полосы характерно развитие всех наиболее часто встречаемых фреатофитов (карелинии, тамарикса, верблюжьей колючки) и произрастающего на суше тростника.

При площади в 3600 *га*, занятой фреатофитами, среднегодовой расход влаги на испарение составил 26,8 млн. $м^3$. Фильтрационные потери, определенные по русловому балансу, равны 160 млн. $м^3$. Остальные 130 млн. $м^3$, т. е. более 80% фильтрационных вод, поступают в оазис.

В Тедженском оазисе (участок от 457 до 536 *км*) на испарение фреатофитами в полосе, примыкающей к каналу, расходуется 25 млн. $м^3$ в год, фильтрационные потери из канала достигают 142 млн. $м^3$, а 117 млн. $м^3$ поступают в орошаемую часть оазиса, что составляет, как и в Мургабском оазисе, более 80% фильтрационных вод канала.

Интересно сопоставить объем фильтрационных вод, поступающих из канала в оазисы, с тем количеством грунтовых вод, которое ежегодно накапливалось в оазисах после проведения Каракумского канала. В частности, из водного баланса Мургабского оазиса следует, что на долю фильтрационных потерь приходится более 20% среднего годового увеличения запасов грунтовых вод. Эта величина оказалась несколько неожиданной, так как считалось, что почти все накапливающиеся в оазисах грунтовые воды образуются за счет неполного расходования воды на орошаемых полях, несовершенства использования оросительных вод и т. д.

Расчеты расходования фильтрационных вод фреатофитами были проведены только для теплого периода. Но поскольку данные о фильтрации в большинстве случаев определялись также за неполный год (январь — октябрь), а испарение в зимние месяцы обычно невелико, то в целом это не может значительно повлиять на приведенные выше результаты расчетов. Не может заметно увеличить расходы на испарение и неучтенная величина испарения с оголенных песков в пределах зоны влияния канала, поскольку, как правило, на таких участках грунтовые воды залегают значительно глубже, и в этих случаях, как свидетельствуют многочисленные случаи, испарение ничтожно мало (Заманмурад, Бекиев, 1974).

Рассматривая водный баланс Сырдарьи, Т. М. Гельбух и Л. Я. Джоган (1974) подчеркивают, что глубина залегания грунтовых вод мало влияет на суммарное испарение с хлопчатника. Однако то, что справедливо для культурной растительности, часто не может быть распространено на дикорастущую и, в первую очередь, фреатофитную, развитие которой непосредственно зависит от глубины залегания грунтовых вод. В этом и заключается принципиальное различие испарения с культурной и естественной растительности (Кузнецов и др., 1975).

Остановимся на величине испарения с солончаков, через которые нередко осуществляется разгрузка грунтовых вод и площади которых в зоне влияния Каракумского канала медленно, но неуклонно возрастают. Как показали наши исследования, испарение с солончаков не столь значительно, как это можно было полагать, исходя из климатических условий Туркмении.

Экспериментальное изучение испарения с солончаков в Юго-Восточных Каракумах за теплый период года, проведенное нами по методу теплового баланса, и наблюдения на тех же солончаках, выполненные

с помощью лизиметров (Заманмурад, Бекиев, 1974), показали, что эта величина даже при близком залегании грунтовых вод не намного превышает 200 *мм* (табл. 44).

Хотя наблюдения охватили лишь непродолжительный период, их можно считать корректными, так как полученные данные вполне сопоставимы с установленными другими методами и обнаруживают хорошую сходимость в месяцы, когда проводились исследования на разных участках.

Таблица 44

Испарение с солончаков, *мм/мес* *

Солончак	Год	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
Ауланчи	1972	—	—	—	(25)	(24)	25	18
	1973	(42)	47	42	29	22	20	(16)
Бабакуи	1972	—	—	—	29	25	22	—

* В скобках указаны величины, интерполированные по наблюдениям в отдельные дни.

В указанные в табл. 44 величины входит и количество выпадающих в апреле — июне осадков. После испарения атмосферных осадков величина испарения с солончаков резко уменьшается. Это свидетельствует о том, что в процесс испарения вовлекается крайне мало сильно минерализованных грунтовых вод. Во влажное время года с солончаков испаряются почти исключительно выпадающие на них атмосферные осадки.

Примерно одинаковое небольшое испарение с солончаков Бабакуи и Ауланчи во вторую половину теплого периода объясняется незначительностью водоотдачи сильно минерализованными грунтами, иначе говоря, минерализация оказывает значительно большее влияние на испарение, чем глубина залегания грунтовых вод. Кроме того, следует иметь в виду, что соляная корка на поверхности солончаков обладает высокой отражающей способностью, снижающей испарение.

В зоне влияния Каракумского канала солончаки нередко образуются на месте высохших озер прорыва, на подтопленных участках и в понижениях рельефа с неглубоким залеганием грунтовых (фильтрационных) вод. В процессе формирования солончаков величина испарения как основного компонента воднотеплового и водносолевого балансов изменяется от величины, равной осадкам (до проведения канала), до наибольших значений, близких к испаряемости (при развитии озер и заболоченности под влиянием канала), а затем, как только начинается засоление почв, она быстро уменьшается.

Таковы основные результаты проведенных исследований. Последующей задачей является получение расчетных формул испарения и номограмм, позволяющих оценивать испарение по главным определяющим факторам.

ДИНАМИКА ГРУНТОВЫХ ВОД И ВОЗМОЖНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ ПРЕСНЫХ ЛИНЗ

Значительные изменения в структуре грунтового потока, наблюдаемые с начала эксплуатации Каракумского канала и обусловленные фильтрационным подтоком из него и сопровождающими его разливами, не явились неожиданностью. Еще в 1948 г. во время инженерно-геологического изучения зоны проектируемой трассы канала геологи и гидрогеологи предполагали, что в течение 4—5 лет после заполнения Келиф-

ских озер грунтовые воды поднимутся и в ближайших к каналу впадинах возникнут озера с грунтовым питанием. Далее расположится полоса влажных и заболоченных шоров, в пределах которой будет происходить интенсивное засоление. Примерно через 10 лет после начала эксплуатации канала суммарная ширина обеих полос, по предположению исследователей, должна была достигнуть по крайней мере 15—20 *км*.

Предварительный прогноз, сделанный гидрогеологами, в значительной мере оправдался. Но эксплуатация канала привела к возникновению ряда дополнительных явлений, способствующих повышению уровня грунтовых вод (обводнение территории в результате прорыва дамб, нарушение кольматирующего слоя на дне и бортах канала при его расширении и очистке и др.).

Еще в период сооружения первой очереди канала в 1957 г. для наблюдения за изменением гидрогеологических условий была создана сеть из шести створов (впоследствии их число было увеличено), на которых были пробурены до уровня грунтовых вод наблюдательные скважины. Однако систематические замеры по этим створам были начаты только в 1970 г.

Используя данные наблюдений за режимом грунтовых вод, а также гидрогеологическую карту Туркменской ССР, мы попытались составить для зоны влияния канала схематическую карту гидроизогипс (рис. 25). Как выяснилось, положение изолиний довольно отчетливо зависит от геоморфолого-литологических особенностей территории: чем лучше условия фильтрации, тем соответственно положе уклон зеркала грунтовых вод. Следует, однако, оговориться, что все еще остается неясным, каково соотношение между фильтрационной подушкой под каналом и региональным потоком грунтовых вод Юго-Восточных Каракумов.

Возможны два варианта этого соотношения. Если фильтрационные воды формируют обособленную линзу, которая накладывается на региональный поток, существенно его не изменяя, то грунтовые воды района (значительно более соленые, чем налегающие на них фильтрационные) сохранят общий уклон и направление движения, существовавшие до сооружения канала. Если же местные фильтрационные воды сливаются с региональными, то вся структура грунтового потока изменится.

Судя по данным гидрогеологических наблюдений, а также наших полевых исследований и анализу гидрогеологического и геологического материалов, в зоне влияния канала складывается второй вариант соотношения, т. е. структура грунтового потока меняется. В частности, этим можно объяснить своеобразие уклонов зеркала грунтовых вод на протяжении первых 300 *км* канала первой очереди. Оно заключается в том, что здесь наметился единый общий уклон зеркала грунтовых вод к северу (точнее, к северо-западу), в сторону Низменных Каракумов. Следовательно, разгрузка происходит в этом направлении, в результате чего влияние канала на северном берегу прослеживается на большем расстоянии в глубь пустыни, чем на южном.

Уже первые наблюдения на створах показали, что уровень грунтовых вод сразу после проведения Каракумского канала сильно повысился. При сравнении данных за 1957 и 1960 гг. видно, что из канала в этот период происходила интенсивная фильтрация, особенно в районе с преобладанием песчаных отложений. Так, на 227-м и 275-м километрах за три года уровень грунтовых вод на расстоянии 50 *м* от канала поднялся на 21,6—23,9 *м*. Чем дальше от канала, тем его влияние становилось все слабее. В условиях песчано-глинистой Обручевской степи, где коэффициенты фильтрации наименьшие, в первые годы хотя и отмечался тоже резкий подъем уровня грунтовых вод, но менее значительный, чем в песчаной пустыне. Так, в районе с. Ничка он составил за 1957—1961 гг. в 50 *м* от канала 17,9 *м* (Ниязов, 1965а).

Вблизи канала наряду с подъемом уровня грунтовых вод происходит заметное опреснение их. Почти вдоль всего русла на расстоянии 50—100 *м* от канала минерализация не превышает 0,5—0,7 *г/л*. В пределах Обручевской степи, например, за эти четыре года минерализация грунтовых вод в полосе 70—75 *м* по обе стороны канала уменьшилась с 10—15 до 0,5—2,5 *г/л* (Ниязов, 1965а). Правда, по мере удаления от канала минерализация заметно возрастает, а в 2—3 *км* от него достигает, по некоторым данным, величин, характерных для грунтового потока, существовавшего до сооружения канала.

Приведенные примеры позволяют судить, насколько значительно влияние канала на грунтовые воды прилегающей территории, причем в различных геоморфолого-литологических условиях это влияние неодинаково. Отметим следующие особенности гидрогеологической роли канала в разных районах междуречья Амударьи и Мургаба.

Современная долина Амударьи имеет установившийся гидрогеологический режим, присущий ирригационным землям. Поскольку канал проведен в долине на месте верхнего отрезка давно существовавшего Боссага-Керкинского канала, можно предполагать, что изменения здесь сходны с теми, которые происходят в районах старого орошения при увеличении поливных норм. По аналогии с другими староорошаемыми районами, например с дельтой Мургаба в ее центральной части, где уже давно проводятся наблюдения за режимом грунтовых вод, в долине Амударьи, видимо, должно происходить незначительное повышение уровня грунтовых вод, а также уменьшение амплитуды его сезонных колебаний, связанных с периодами полива.

В Приамударьинской барханной полосе сначала наблюдались сильные изменения гидрогеологических условий; в настоящее время они, по-видимому, стабилизируются. После первоначально быстрого подъема уровня грунтовых вод он стал относительно постоянным и в 1963—1964 гг. испытывал лишь пульсирующие сезонные колебания (Ниязов, 1967). Затем, с 1970 г., был зафиксирован довольно стабильный отрицательно декомпенсированный режим грунтовых вод со среднегодовым снижением их уровня с 0,8—0,9 *м* в 50 *м* от канала до 0,2—0,4 *м* на расстоянии 3 *км*. Это объясняется уменьшением фильтрационных потерь за счет кольматации, несмотря на то, что расходы по каналу ежегодно увеличиваются, а состав грунтов — песчаный. О сравнительно небольшой фильтрации свидетельствует и малый уклон депрессионной кривой. В отличие от лежащих ниже участков отмечается относительно равномерный отток фильтрационных вод по обе стороны от канала, о чем говорит симметричность рельефа поверхности грунтового потока (см. рис. 25).

На участке 38—50 *км* канал проходит по стыку приамударьинской барханной полосы и дельты Балха. Здесь структура грунтового потока резко меняется. На правом, северном, берегу уклон зеркала грунтовых вод сначала направлен перпендикулярно каналу, а затем принимает северо-западное направление, отражая роль фильтрационного подтока со стороны Амударьи. На южном берегу гидроизогипсы образуют большой «залив» по шорам Келифского Узбоя и сближаются, что указывает на увеличение крутизны депрессионной кривой, связанной с усиленным испарением растительностью.

В зоне Келифского Узбоя зеркало грунтовых вод лежит очень высоко и севернее канала имеет скорее вогнутую, чем выпуклую поверхность, что говорит об очень плоской форме обширного фильтрационного бугра, сформировавшегося под Келифскими озерами. Основная его часть, наиболее пологая, находится на правобережье канала и уходит далеко в Низменные Каракумы, где возникло множество фильтрационных озер. Все это свидетельствует о хороших условиях разгрузки грунтовых вод как за счет оттока на север в песчаные толщи каракумской свиты, так, очевидно, и за счет испарения с открытой водной поверхности и транспи-

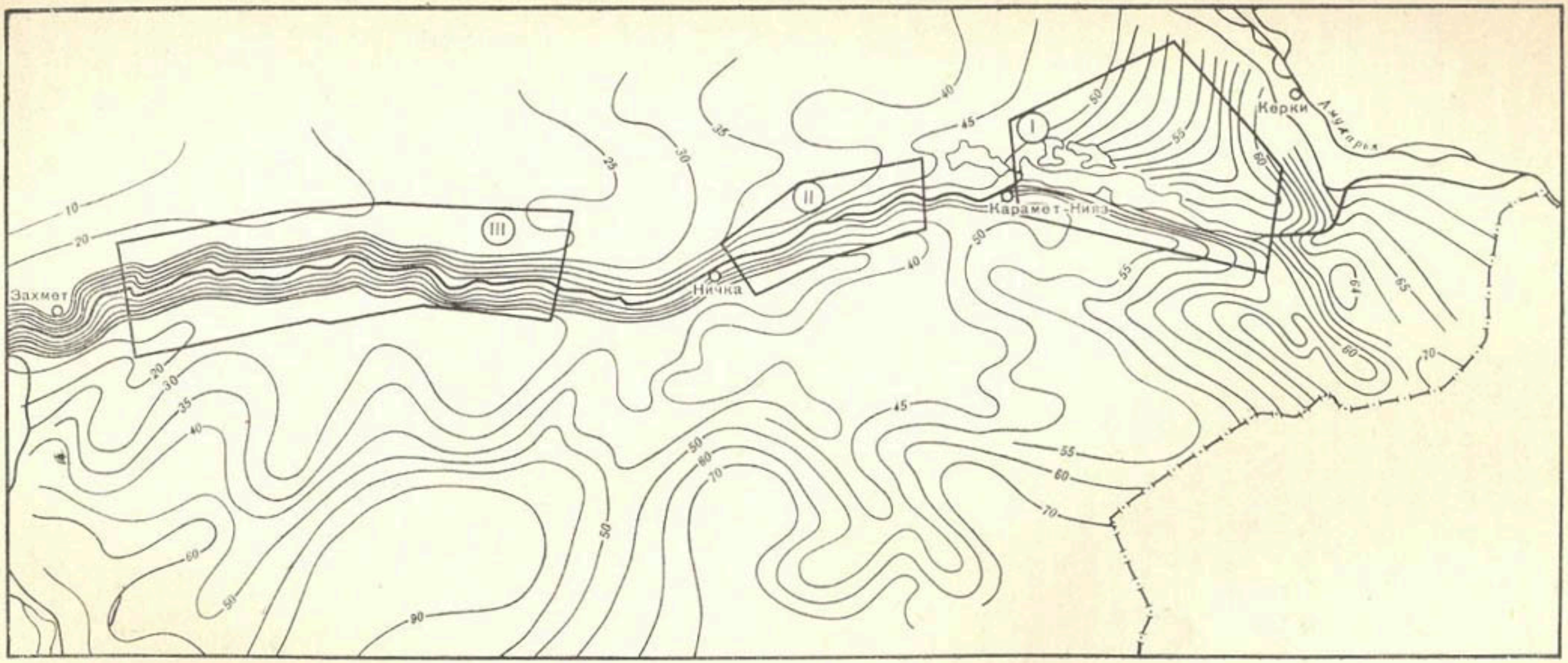


Рис. 25. Схематическая карта гидроизогипс зоны влияния канала на междуречье Амударья — Мургаб (оцифровка условная)

I, II, III — расчетные контуры предполагаемых пресных линз

рации растительностью. На юге фильтрационные воды быстро сливаются с региональным грунтовым потоком дельтовой равнины Балха. Не исключена возможность своего рода подпора, образованного валом фильтрационных вод под каналом.

Общая ширина зоны гидрогеологического влияния канала на келифском участке достигает 20—25 *км* к северу и 6—7 *км* к югу от водной магистрали. Максимальная ширина сплошной зоны фильтрационных озер равна 20—25 *км*, хотя отдельные озера встречаются и дальше от канала. Величина фильтрационных потерь здесь примерно равна суммарному испарению (с водной поверхности и растительности) и оттоку грунтовых вод на север при минимальной роли оттока в балансе. Конечный результат этого соотношения приводит к некоторому сокращению зоны фильтрационных озер, что отмечалось ранее О. Ниязовым (1967). В этом процессе играет роль и постепенное уменьшение потерь на фильтрацию в связи с заилением всей цепочки озер Келифского Узбоя.

В пределах Обручевской степи, как показывают данные наблюдений, к настоящему времени под каналом образовался очень узкий и крутой фильтрационный вал, отчетливо выделяющийся по рисунку гидроизогипс (см. рис. 25). Ширина его не превышает 3—4 *км*. Подпор регионального грунтового потока в Обручевской степи еще более вероятен, чем на ранее рассмотренном участке. Такой характер влияния канала на гидрогеологию района связан в первую очередь с тяжелым механическим составом водовмещающих толщ. Этим же О. Ниязов (1967) объясняет наблюдавшийся в конце 1962 г. линейно-пульсирующий характер колебаний уровня грунтовых вод на расстоянии до 4 *км* от канала. Такой режим, по его мнению, свидетельствует о наступлении равновесия приходных и расходных статей баланса грунтовых вод. Однако, судя по данным за 1970 г. по всем створам наблюдений за режимом грунтовых вод, в Обручевской степи на расстоянии до 3 *км* от канала происходит подъем уровня в среднем на 0,1—0,6 *м* за год; это указывает на еще сохранившееся преобладание приходной части баланса.

Участок песчаной пустыни, который канал пересекает примерно на отрезке 180—310 *км*, несмотря на наблюдающиеся в его пределах генетические различия, в гидрогеологическом отношении можно рассматривать как единое целое. Фильтрационный вал здесь несколько шире, чем в Обручевской степи, а депрессионная кривая положе. Последняя сохраняет такой уклон на значительном расстоянии, особенно к северу от канала, что указывает на единообразие гидрогеологических условий и разгрузку в этом направлении.

Постоянная тенденция к подъему зеркала грунтовых вод на данном участке, особенно в удалении от канала, несомненна. Так, на 227-м километре уровень грунтовых вод в 1 *км* от канала в 1964 г. стабилизировался (Ниязов, 1967). В то же время на расстоянии 3 *км* от канала скорость подъема воды в скважинах достигала 0,37 *см/сут*., а в 5 *км* была равна 0,25 *см/сут*. На 275-м километре в этом же году был зафиксирован быстрый скачок уровня грунтовых вод в 3 *км* от канала на 1,9 *м* и в 5 *км* — на 1,4 *м*, что объясняется развертыванием работ по расширению русла. По прогнозу О. Ниязова, уровень грунтовых вод по обеим сторонам от канала будет подниматься и в дальнейшем. Данные наблюдений 1970 г. подтверждают, что на исследованном участке сохраняется положительно декомпенсированный режим с подъемом уровня грунтовых вод на 0,4—0,6 *м* за счет растекания инфильтрационного вала от канала. В настоящее время зона влияния канала достигает здесь по обеим его сторонам 5-километровой ширины и продолжает увеличиваться.

Приведенная выше порайонная характеристика динамики гидрогеологических процессов в зоне канала, а также ее отражение на карте со всей очевидностью подтверждают правоту С. Ю. Геллера и Е. Н. Ми-

наевой (1973), впервые указавших на вероятность формирования под каналом пресных линз и возможность их практического использования.

Попытаемся хотя бы в самом первом приближении оценить размеры этих линз в районах, по которым имеется достаточно данных. Такими районами являются зона Келифского Узбоя, Обручевская степь и песчаная пустыня. Карта гидроизогипс позволяет достаточно определенно выявить здесь фильтрационные бугры, которые и представляют линзы пресной и слабосолоноватой воды. О последнем свидетельствуют результаты гидрохимического опробования по створам, которые частично приводились выше. Для этих же участков имеются сведения о фильтрационных потерях из канала и об испарении с поверхности фильтрационных озер и растительного покрова за период с 1958 по 1970 г., а также о механических свойствах водовмещающих пород, в частности о их порозности (Бакашев и др., 1973).

В приближенных расчетах, произведенных нами совместно с Е. Н. Минаевой, мы исходили из следующих соображений. В пределах точности исходных данных форму пресной линзы можно рассматривать как неправильный параллелепипед, имеющий в поперечном сечении форму трапеции. Его верхняя плоскость образована дном канала, основание — площадью линзы в плане, боковые грани — депрессионными поверхностями, которые принимаются за плоскости. Высота этого тела h равна средней глубине залегания грунтовых вод в районе до начала фильтрационных потерь (практически до начала строительства канала).

Таким образом, умножив площадь поперечного сечения на длину линзы, получим объем последней. Поскольку поперечное сечение в отдельных частях линзы меняется, то для ориентировочных расчетов берутся средняя ширина канала a с учетом озерных разливов, через которые он проходит, и средняя ширина основания линзы b, определяемая путем серии измерений этой величины на контуре линзы, выделенной по карте гидроизогипс (см. рис. 25). По этой же карте устанавливается и длина линзы l. Объем V предполагаемой фигуры выразится формулой

$$V = \frac{a+b}{2} \cdot h \cdot l,$$

а приняв в расчет свободную порозность p, получим максимальный объем фильтрационных вод $V_л$, который теоретически может содержаться в линзе:

$$V_л = V \cdot p.$$

Теперь остается сопоставить размер полученных емкостей с количеством фильтрационной воды, поступающей на данном участке в грунт (разность между величиной фильтрационных потерь и величиной испарения с водной поверхности и растительного покрова), чтобы оценить возможность формирования пресных линз, их вероятный объем в настоящее время, а также направление процесса накопления пресных вод в ближайшем будущем. Исходные данные и результаты расчетов приведены в табл. 45.

Анализ табл. 45 показывает, что на отрезке канала в районе Келифских озер объем предполагаемой линзы заполнен, и избыток воды оттекает на север. Таким образом, существенного изменения уровня грунтовых вод в зоне канала здесь ожидать, по-видимому, не следует, особенно учитывая, что на испарение в районе Келифского Узбоя расходуется основная часть фильтрующихся вод. Для оттока их излишка на север условия, как мы отмечали, вполне благоприятны.

Исходя из сложившегося водного баланса, можно полагать, что пресная линза Келифских озер, имеющая очень плоскую форму и обширную площадь, будет расширяться далее на север в том случае, если отток грунтовых вод не уравновесит количество воды, поступающей путем

Таблица 45

Ориентировочная оценка возможных запасов воды в пресных линзах в зоне влияния Каракумского канала (1959—1974 гг.)

Показатель	Келифский Узбой (50—100 км)	Обручевская степь (100—180 км)	Песчаная пустыня (180—310 км)
Средняя глубина залегания горизонта грунтовых вод до 1958 г. (h), м	4	15	26
Средняя ширина канала (a) с учетом озерных разливов, км	2,0	0,075	0,10
Средняя ширина пресной линзы (b), км	23,8	11,5	20,0
Средняя площадь поперечного сечения линзы, км² $S=\frac{a+b}{2}\cdot h$	0,044	0,086	0,261
Длина линзы (l), км	48,0	41,0	77,5
Средняя свободная порозность (p), по Н. А. Бакашеву и др. (1973)	0,36	0,32	0,38
Объем предполагаемой линзы с учетом порозности, км³ $V_л=V\cdot p$	0,902	1,128	7,686
Пополнение грунтовых вод фильтрационными, млн. м³			
во всем районе (см. табл. 43)	1460	1760	10 400
в пределах предполагаемой линзы *	1402	902	5 200
Разность между объемами линзы и поступившей в нее воды (на 1974 г.), млн. м³	—500	226	2 486

* Эта величина устанавливалась путем вычисления фильтрационных поступлений на 1 км канала и, соответственно, по протяжению линзы.

фильтрации. Вероятность этого невелика, так как можно ожидать усиления испарения (за счет развития влаголюбивой растительности) и уменьшения фильтрации в результате кольматажа.

В Обручевской степи выделяется узкая и крутосклонная фильтрационная линза сравнительно небольших размеров. Сопоставление количества поступившей в нее воды и теоретически максимально возможного объема показывает, что емкость ее еще не заполнена примерно на 25%. Если считать, что среднегодовое пополнение грунтовых вод в данном районе составляет, по данным Е. Н. Минаевой, примерно 100 млн. м³, то с учетом вероятного оттока на север, в каракумскую свиту, для окончательного заполнения теоретического объема линзы потребуется примерно 5 лет. До достижения этого срока следует ожидать продолжения подъема уровня грунтовых вод. С учетом небольших коэффициентов фильтрации отток вод, очевидно, не будет интенсивным, и вполне вероятно дальнейшее засоление почв вблизи канала (что наблюдается и в настоящее время).

В песчаной пустыне теоретический объем линзы и ее площадь значительно больше, чем у линз в рассмотренных выше районах. Ориентировочная оценка (см. табл. 45) показывает, что до заполнения теоретического объема линзы пройдет еще значительное время. Учитывая глубину залегания грунтовых вод за пределами линзы и высокую фильтрационную способность водовмещающих толщ, можно ожидать распространения линзы за пределы ее современных границ в северном направлении. Следует отметить, что общий полезный объем этой линзы вполне сопоставим с ориентировочным статическим запасом пресной воды в такой известной линзе, как Ясханская, который равен 9,5 км³ (Гидрогеология СССР, 1972) и уже в течение длительного времени используется в народном хозяйстве Туркменской ССР.

ХАРАКТЕРИСТИКА ЭОЛОВЫХ ПЕСКОВ И ИЗМЕНЕНИЯ ЭОЛОВОГО РЕЛЬЕФА

По трассе Каракумского канала наиболее крупные массивы глубоко расчлененных эоловых песков приурочены к участку 168—307 *км* в междуречье Амударьи и Мургаба и к участку 435—498 *км* в междуречье Мургаба и Теджена. Рельеф песков ориентирован на этих участках преимущественно перпендикулярно направлению канала.

На первых этапах строительства канала выемка грунта производилась сухим способом — экскаваторами и бульдозерами. Выбрасываемый землеройными механизмами песчаный грунт постоянно засыпал пионерную траншею. Развеваемый песок передвигался как в виде поземки, так и в виде ветропесчаного потока. Даже влажный песок тут же высыхал и начинал переноситься в виде песчаных струй; со временем на дамбах появились рытвины выдувания, а в русле и за отвалами — пятна подвижных песков (Петров, 1954; Бабаев, 1956). Особенно интенсивно песок перевевался во время сильных ветров, когда в русле канала возникала настоящая песчаная буря и в него сносилось около 15% вырытого грунта. В результате вырытое в 1954 г. русло канала уже в 1955 г. было сильно занесено песком. Обарханиванию поверхности на трассе канала в полосе шириной 500—600 *м* способствовала главным образом работа землеройных и транспортных машин, а также вырубка кустарниковой растительности.

После пуска воды в канал его песчаные берега более или менее стабилизировались. Канал постепенно принимал форму, свойственную речным руслам, с плёсами, отмелями у выпуклых и с подмывами у вогнутых берегов, что создало благоприятные условия для развития мезофильной и гидрофильной растительности. Однако обрушение песчаных берегов в результате подмыва и песчаные заносы долго не прекращались, хотя и был осуществлен большой объем пескоукрепительных работ.

В результате наших наблюдений на опытном участке в районе Кизылча-Баба и исследований, проведенных Э. Л. Рябихиным, установлено, что вследствие осыпания песка с высоких отвалов и подмывания откосов в канал с 1 *км* берегов за год поступает в среднем 6000 $м^3$ песка. Если принять протяженность песчаных берегов канала, где развиты явления дефляции и происходит снос песка в воду, равной 100 *км*, то ежегодное поступление песчаного материала в канал составит 600 тыс. $м^3$. Это показывает, насколько ощутим ущерб, причиняемый каналу ветровой и водной эрозией песков, и насколько необходимы разработка в кратчайший срок научно обоснованных приемов борьбы с этими явлениями и умелое их использование в практике пескоукрепительных работ.

В борьбе с эрозией и дефляцией уже осуществлен огромный объем фитомелиораций: установлены различные типы механических защит, произведены посадка и посев растений-пескоукрепителей, а также высокоствольных деревьев. Но, к сожалению, эти мероприятия не всегда проводились с учетом конкретных условий местообитания растений и типов песков, а следовательно, не всегда приносили желаемый эффект. Так, например, установка клеточных механических защит из тростника и рогоза с посадкой черенков пескоукрепителей производилась на всех элементах песчаных дамб без предварительной планировки. При этом на вершинах дамб из-за недостатка влаги посадки вообще не приживались, а механические защиты служили аккумуляторами для песка, заносимого извне. Таким образом, искусственно наращивались и без того высокие дамбы, которые затем или развевались, или обрушивались в русло канала.

Так как специальные исследования нередко носили общий характер и проводились на небольших опытных участках (например, на Захметском), то полученные рекомендации нельзя было распространить на

другие участки канала, поскольку условия местообитания растений в зависимости от типа песков не везде одинаковы. Поэтому для научного обоснования фитомелиоративных мероприятий и борьбы с заносами необходимо типологическое районирование песков, выполненное на основе комплексных физико-географических исследований на двух отмеченных выше отрезках канала.

Междуречье Амударьи и Мургаба

На участке 168—307 *км* песчаные эоловые формы развиты на различных свитах: елчилекской — на юге, каракумской — на севере, обручевской — на востоке и на древнемургабских отложениях — на западе. В зависимости от происхождения из той или другой литологической разности механический и минералогический составы эоловых песков различны. Однако генетические различия подстилающих пород, по существу служивших источником эоловых образований, на современном рельефе песков почти не сказываются.

Мощность эоловых песков достигает значительной величины, особенно в центральной части этого участка (20—30 *м*). В глубоких межгрядовых понижениях подстилающие неперевеянные отложения вскрываются с глубины 5—6 *м*. В составе этих пород преобладают песчаные разности, мощность глинисто-суглинистых слоев или очень незначительна, или они практически отсутствуют (каракумская и елчилекская свиты). По механическому и минералогическому составу эоловые и подстилающие первичные пески в целом идентичны. В первичных песках отмечается лишь некоторое увеличение с глубиной пылеватости и содержания тяжелых минералов. Верхние горизонты эоловых и неперевеянных песков в зоне канала настолько перемешаны, что разграничить их даже аналитическими исследованиями очень трудно. Различия песков можно установить лишь при бурении на значительную глубину. Однако в 5—6 *км* к югу и северу от канала они приобретают характерные для материнских отложений признаки: красновато-желтую окраску — елчилекские пески и стально-серую — каракумские. По мере продвижения к области развития обручевской свиты и дельте Мургаба мощность эоловых песков несколько убывает и в них увеличивается содержание пылеватых фракций.

Рельеф песков в целом грядовый, осложненный буграми, перемычками и на вершинах крупных гряд — барханами. Канал большей частью пересекает гряды под прямым углом. Направление продольных осей гряд имеет азимут 345—350°. В межгрядовых понижениях созданы дамбы из сыпучего песка, которые при отсутствии защитных мероприятий легко подвергаются развеванию.

На рассматриваемом участке преобладают ветры северного, северо-западного и юго-восточного направлений. Судя по годовой розе и равнодействующей активных ветров (4—5 *м/сек*), пески имеют колебательно-поступательный тип движения с незначительным смещением с севера на юг.

В пределах описываемого участка выделяются следующие основные типы песков: барханные, бугристо-грядовые и грядовые. Однако часто они встречаются в комплексе, и это затрудняет их оконтуривание на карте.

Барханные пески занимают примерно 4—5% территории рассматриваемого участка. Они образуют изолированные друг от друга массивы и развиты главным образом на крайних западном и восточном отрезках этой части трассы, а также в узкой полосе по бортам канала почти на всем его протяжении, где их образование полностью связано с деятельностью человека. Нередко барханными песками перекрыты пески другого типа — грядовые и бугристые.

Глубина расчленения песков не превышает 3—5 *м*, а протяженность барханных цепей — 50—60 *м*. Они вытянуты с северо-запада на юго-восток при некотором отклонении на север и юг, что свидетельствует о преобладании ветров северо-восточных румбов. Склоны северной экспозиции пологие (12—14°), южной — крутые (32—34°). Вдоль Каракумского канала барханные пески часто уже не имеют присущих им характерных признаков вследствие систематического нарушения процесса естественного эолового рельефообразования хозяйственной деятельностью.

Механический состав довольно хорошо отсортированных барханных песков мелкозернистый (табл. 46).

Таблица 46

Механический состав барханных песков

Место отбора образца, километр канала	Размер частиц, *мм*; содержание фракций, %				
	1—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	<0,005
189-й	0,3	97,3	1,0	0,6	0,8
214-й	0,4	98,4	0,5	0,3	0,4
252-й	1,2	96,3	2,0	0,2	0,3
270-й	1,1	96,8	1,6	0,2	0,3
286-й	0,3	98,3	0,9	0,3	0,2
293-й	0,2	95,7	2,5	0,7	0,9
294-й	0,3	96,8	2,1	0,2	0,6
300-й	0,3	97.1	1,4	0,6	0,6
304-й	0,1	96,5	2,3	0,2	0,9

Даже на глубине 3 *м* состав песков почти не изменяется. Особенно однородны они на вершинах барханных форм до глубины 40 *см*.

Вследствие постоянного перемещения барханные пески почти лишены воднорастворимых солей (0,41%). Они содержат около 15—18% карбонатов кальция и магния. Водный режим их в течение года сильно колеблется. Количество поступающей в песок атмосферной влаги превышает испарение, поэтому водный баланс барханных песков положителен. В межбарханных понижениях, если грунтовые воды лежат на глубине до 3 *м*, горизонт атмосферного увлажнения, как правило, смыкается с горизонтом капиллярного подъема грунтовых вод. Даже в самый сухой и жаркий период года подповерхностный увлажненный горизонт вскрывается с глубины 70—100 *см*.

Растительность барханных песков очень скудная и по сравнению с внутриоазисными барханами обеднена: многие характерные для последних однолетние растения отсутствуют. Встречаются в виде единичных экземпляров кандым, черкез, астрагал, селин, кумарчик, гелиотроп, растущие главным образом в межбарханных понижениях.

Бугристо-грядовые пески[1] занимают максимальную площадь (около 68%) в пределах описываемого участка. Здесь грядовые формы, вытянутые преимущественно в меридиональном или близком к нему направлении, развиты в комплексе с бугристыми. Ширина межгрядовых понижений достигает 200—300 *м*. Иногда они имеют чашеобразную форму вследствие перегораживающих их бугров. Относительная высота гряд, как правило, равна 10—20 *м*, местами достигает 30—40 *м*. Длина склонов крупных гряд превышает 200 *м*. Крутизна гряд — 15—18°, наибольший уклон имеют склоны, обращенные к востоку и юго-востоку. Они

[1] В литературе называются также ячеисто-грядовыми (*Прим. ред.*).

расчленены множеством бугристых форм и мелкими котловинами. Длина бугристых гряд достигает 3—5 *км*, они осложнены редкими седловинами. Местами гряды образованы в результате соединения бугров, вершины которых имеют волнистые очертания. Такие гряды обычно ниже основных, отличаются более рыхлым сложением и сравнительно богатой растительностью. Вблизи Каракумского канала гребни бугристо-грядовых песков обариаживаются в результате хозяйственной деятельности человека.

Бугристо-грядовые пески подстилаются рыхлопесчаными отложениями каракумской и елчилекской свит. Водоносный горизонт залегает на глубине 20—30 *м* и недоступен для корневых систем кустарников. Только в узкой приканальной полосе грунтовые воды располагаются близко к поверхности и там отмечаются фильтрационные озера и заболачивание.

Для песков рассматриваемого типа характерна мелкозернистость, и до глубины 3—4 *м* их механический состав почти не меняется (табл. 47). По данным Л. Н. Палецкой (1954), его изменения не наблюдаются также и в зависимости от элементов рельефа.

Таблица 47

Механический состав бугристо-грядовых песков (на 303-м километре канала)

Глубина, *см*	Размер частиц, *мм*; содержание фракций, %				
	0,5	0,5—0,25	0,25—0,10	0,10—0,05	>0,05
0—5	0,5	8,4	52,2	37,4	1,5
5—20	0,3	11,9	57,7	29,8	0,3
20—40	0,2	7,7	54,6	37,3	0,2
40—60	0,1	2,1	58,6	39,0	0,2
60—80	0,1	2,6	48,0	47,1	2,2
80—100	0,2	3,1	45,9	49,2	1,6
120—140	0,1	3,6	42,1	52,6	1,6
160—180	0,1	5,3	57,7	36,3	0,6
220—240	0,1	3,4	49,2	46,2	1,1
240—260	0,1	3,9	53,3	41,8	0,9
260—300	0,1	4,8	54,5	40,0	0,6

Важное значение для фитомелиорации имеют количество и качество содержащихся в песках воднорастворимых солей. В закрепленных песках их содержание, как указывает М. П. Петров (1950), выше, чем в барханных. Это подтверждают и наши исследования. Однако в поверхностных горизонтах бугристо-грядовых песков количество воднорастворимых солей незначительно. Содержание плотного остатка не превышает 1%. Особенно мало в них кальция и магния, карбонатов — примерно 2,5%. Содержание гумуса колеблется в пределах 0,04—0,14%, азота общего — не более 0,01%, подвижного фосфора — до 34 *мг/кг* (табл. 48).

Вследствие глубокого залегания грунтовых вод увлажнение корнеобитаемого горизонта происходит только за счет атмосферных осадков и конденсации, создающих определенный запас влаги в подповерхностном горизонте. Глубина и мощность последнего зависят от количества осадков, теплового и ветрового режимов. В разное время года этот горизонт располагается на различных глубинах; в мае он вскрывается на 10—15 *см* ниже поверхности, в сентябре — на 75—90 и в декабре — на 105—120 *см*.

В зависимости от интенсивности осадков мощность промачиваемого горизонта колеблется в широких пределах (в 1961 г.— 150 *см*, в 1963 г.—

Таблица 48

Состав воднорастворимых солей в бугристо-грядовых песках и содержание в них некоторых элементов питания растений, %

Глубина, *см*	Сухой остаток	HCO_3	Cl	SO_4	Ca	Mg	Гумус	Общий азот	Подвижный фосфор, *мг/кг*
0—5	0,095	0,029	0,006	0,023	0,009	0,003	0,04	0,009	23,6
5—10	0,084	0,030	0,004	0,021	0,009	0,001	0,04	0,007	19,6
10—20	0,066	0,030	0,004	0,011	0,007	0,002	0,11	0,007	34,0
20—30	0,062	0,028	0,003	0,007	0,007	0,002	0,10	0,001	32,0
30—40	0,087	0,034	0,006	0,007	0,007	0,001	0,14	0,010	26,8
40—50	0,083	0,031	0,006	0,009	0,009	0,001	0,11	0,010	23,6
50—70	0,110	0,027	0,015	0,018	0,009	0,005	Не определялись		
70—90	0,089	0,027	0,007	0,012	0,007	0,001	»	»	
90—100	0,064	0,026	0,003	0,005	0,007	0,001	»	»	

112, в 1965 г.— 170 *см*). Вблизи канала, где грунтовые воды залегают на глубине 2—3 *м*, этот горизонт нередко соединяется с горизонтом грунтового увлажнения; если же грунтовые воды лежат глубже, то между ними сохраняется сухой «мертвый» горизонт. В целом бугристо-грядовые пески имеют отрицательный баланс влаги, расходная часть почти в 2 раза превышает приходную.

Растительность бугристо-грядовых песков значительно богаче, чем на других типах песков. В травяном покрове развиты главным образом илак и эфемеры (арпаган, ебелек, мак, сведа линского и др.), образующие, как правило, плотную дернину, предохраняющую поверхность от развевания. Среди древесно-кустарниковых пород преобладают белый саксаул, черкез, кандым. Состав растений почти не меняется в зависимости от элементов рельефа, но густота их различна. За последние годы древесно-кустарниковая растительность была сильно изрежена в связи с рубкой на топливо. За 20 лет после пропуска воды по каналу растительность в прибрежной полосе коренным образом изменилась: пустынная псаммофитовая растительность была вытеснена мезофильной и гидрофильной.

Бугристо-грядовые пески в течение всего года используются для выпаса овец.

Грядовые пески, занимающие 27—28% площади рассматриваемого района, развиты главным образом на левобережье канала и приурочены к наиболее древней дельтовой равнине североафганских рек. Грядовые пески вытянуты в основном в направлении с северо-востока на юго-запад; наибольшей высоты (до 40 *м*) гряды достигают ближе к границе с Афганистаном. Юго-восточные склоны их пологие, северо-западные — крутые. Вблизи канала гряды снижаются до 25—30 *м*. Они осложнены здесь мелкими буграми и котловинами, создающими своеобразный тип грядово-ячеистого рельефа.

Как уже отмечалось, канал пересекает грядовые пески почти перпендикулярно, поэтому отдельные обнажения гряд образуют на его берегах крутые обрывы высотой 10—20 *м*, которые в результате подмыва довольно часто обрушиваются. Межгрядовые понижения перегорожены дамбами, фильтруясь через которые вода канала создает в понижениях заболоченные участки и озера.

Гряды сложены мелкозернистыми песками, разрез которых до глубины 8—10 *м* отличается рыхлым строением; ниже пески уплотнены, но при раздавливании все же рассыпаются. В обнажениях наблюдается слабо выраженная косая слоистость, указывающая на эоловое происхождение гряд. Механический состав песков, слагающих вершины гряд

и межгрядовые понижения, идентичен. Как и в других типах песков, здесь преобладают мелкозернистые фракции (83—96%), крупных и средних фракций — не более 1—2%; содержание глинистых частиц колеблется в пределах 1,3—2,1% на вершинах и 2,6—5,9% — в понижениях.

Растительность грядовых песков довольно разнообразна и по элементам рельефа распределена неравномерно. Господствуют кандымово-белосаксаульники и черкезники с примесью илака, сингрена и селина. Ближе к Обручевской степи широко распространен черный саксаул, занимающий широкие межгрядовые понижения. Наиболее мощные черносаксауловые заросли встречаются в северо-западной части Обручевской степи, где, по данным Н. Ягдыева (1958), они занимают 70—80% исследованной им площади, и запасы древесины достигают 30—35 *т/га*. К югу на грядах илачный покров постепенно уступает место мятлику с примесью эфемеров (арпагана, ебелека и др.). В годы с обильными дождями травянистая растительность бурно разрастается. В это время возможно сенокошение. Грядовые пески, как и бугристо-грядовые, используются как пастбища в течение всего года, урожайность кормовой массы в среднем достигает 1,6 *ц/га*.

Междуречье Мургаба и Теджена

На этом участке пески вдоль канала развиты между урочищем Ходжа-Яб и Хаузханским водохранилищем. Здесь канал пересекает эоловые пески, подстилаемые на юге рыхлопесчаными аллювиально-пролювиальными отложениями елчилекской свиты и на севере — аллювиально-дельтовыми слоистыми осадками Мургаба и Теджена. Мощность песков, подвергшихся эоловой переработке, увеличивается с севера на юг соответственно увеличению возраста эолового рельефа.

Пески елчилекской свиты, как первичные, так и эоловые, отличаются от дельтовых мургабских красновато-желтым цветом и лучшей сортированностью. Подстилающие первичные пески вскрываются в котловинах на глубине 1—2 *м*. В наиболее крупных котловинах на юге участка с глубины 3 *м* вскрываются неогеновые песчаники. К северу от трассы канала и в районе массива Ходжа-Яб эоловые пески лежат на мургабо-тедженских дельтовых песчано-глинистых отложениях и приобретают желтовато-серый оттенок; содержание пылеватых фракций в них увеличивается (20—25%). Мощность песков здесь уменьшается. Местами они перекрывают такыры и такыровидные почвы (Бабаев, Сахатов, 1961).

В зоне канала выделяются следующие типы песков: пологоволнистые, барханно-бугристые и грядово-бугристые с обарханенными вершинами.

Пологоволнистые пески занимают не более 20% площади рассматриваемого участка и характерны для восточного отрезка канала. Амплитуда положительных и отрицательных форм рельефа незначительна (в пределах 2—3 *м*). В их строении отсутствует определенная ориентировка, склоны пологие, с углом наклона 13—15°. Понижения в виде широких плоскодонных ложбин большей частью перпендикулярны трассе канала. Днища отдельных понижений заняты такыровидными почвами (100—200 $м^2$). Местами встречаются небольшие котловины, либо подверженные дефляции, либо заросшие. В таких котловинах много нор грызунов (около 150—190 на 1 *га*). По-видимому, образование котловин выдувания связано в основном с роющей деятельностью грызунов.

В целом процессы ветровой эрозии выражены слабо. Лишь вблизи Мургабского оазиса, где кустарники вырубаются и производится интенсивный выпас скота, а также вблизи русла канала, где работали землеройные механизмы и автомашины, пески значительно разбиты; здесь же наблюдаются небольшие скопления барханных песков.

Растительный покров представлен главным образом травянистой растительностью, среди которой преобладает илак, почти сплошь покрывающий пески; образуя равномерную дернину, он препятствует развеванию песчаных отложений. Повсеместно встречаются единичные экземпляры низкорослых кустов кандыма и черкеза. Отсутствие процессов выноса и переотложения песков, а также густой травяной покров способствовали формированию здесь полнопрофильных пустынных песчаных почв.

Механический состав песков как на поверхности, так и на глубине 0,5—1 *м* однородный. Данные ситового анализа показали преобладание мелкозернистых фракций. В образце, отобранном на вершине бугра с глубины 5—10 *см*, мелкозернистые фракции составляют 96,7%, в образце, взятом с поверхности заросшей котловины на этой же глубине,— 95,9%, а на глубине 100 *см* содержание этой фракции несколько меньше — 93,9%. Количество частиц мельче 0,5 *мм* очень незначительно (4,4%), а крупные фракции вообще отсутствуют. Анализ водной вытяжки указывает на очень слабую засоленность песков (табл. 49).

Таблица 49

Состав воднорастворимых солей в пологоволнистых песках, %

Место отбора образца	Глубина, *см*	Гигроскопическая влага	Сухой остаток	HCO_3	Cl	SO_4	Mg	Ca
Котловина	13—36	2,88	0,27	0,03	0,005	0,14	0,008	0,028
	36—140	0,59	0,31	0,02	0,003	0,18	0,007	0,054
Вершина бугра	0—150	0,42	0,07	0,04	0,004	0,01	0,002	0,016

Барханно-бугристые пески развиты юго-западнее района распространения пологоволнистого рельефа — между 445-м километром канала и широтой колодца Ташрабат. Характерной особенностью песков этого типа является их расположение в виде обособленных массивов, разделенных довольно значительными отакыренными площадями. В целом они занимают около 20% площади участка. Высота бугров в большинстве случаев не превышает 3—3,5 *м*. Вершины нередко покрыты песчаной рябью и обарханены, что связано с вырубкой кустарниковой растительности и разбиванием слежавшихся песков машинами. Растительность, представленная главным образом редкими кустами черкеза, кандыма, тамарикса и эфемеровым разнотравьем, приурочена в основном к понижениям между буграми и к пологим склонам обарханенных бугров. Местами около кустов тамарикса образуются крупнокучевые пески с относительной высотой прикустовых бугров 2—2,5 *м*. Илаковый покров на песках отсутствует. Такыровидные участки большей частью лишены растительности; на них образовались мелкие барханные цепи и кучевые пески с относительной высотой положительных форм до 1 *м*. Проективное покрытие кустарниками не превышает 5—7%.

Разрезы, заложенные в межбугровых понижениях, показали, что пески на глубине 50—100 *см* подстилаются такыровидными почвами. Поэтому очаги дефляции встречаются редко и только на наиболее мощных скоплениях песка. Наличие глинистого горизонта под песчаным плащом и встречающиеся в нем включения в виде мелких обломков жженого кирпича и угольков указывают на то, что эти земли в недалеком прошлом использовались под орошение. Об этом свидетельствуют также остатки старой арычной сети на отакыренных площадках между песчаными массивами. Существующие песчаные массивы начали образовываться в то время, когда эти земли были уже заброшены.

Равномерное чередование песчаных массивов и участков такыровидных почв благоприятно для освоения территории под земледелие. Песчаные массивы легко спланировать на всей площади и вспахать, что значительно улучшит воднофизические свойства такыровидных почв.

Механический состав барханно-бугристых песков характеризуется преобладанием мелкозернистых фракций. В образце, взятом с поверхности обарханенного бугра, содержание мелкозернистой фракции достигает 99,1%, на глубине 20 *см* в межбугровом понижении — 90,9% и здесь же на глубине 115 *см* — 90,6%. Количество фракции мельче 0,05 *мм* составляет соответственно 0,8; 8,5; 2,9%. Чем больше пески подвергались эоловой переработке, тем выше в них содержание мелкозернистых фракций и меньше пылеватых частиц. В составе первичных песчаных отложений наблюдается большая примесь фракций 0,5—0,25 *мм* (6,5%) и мельче 0,05 *мм* (8,5—15,5%). Наличие пылеватых фракций благоприятно сказывается на воднофизических свойствах песков. На них больше растительности (особенно кустарниковых видов).

В районе распространения барханно-бугристых песков с такыровидными площадками сформировалась песчаная пустынная почва с довольно мощным, но слабо окрашенным гумусовым горизонтом. Обычно с поверхности гумусовый слой покрыт песчаным наносом мощностью 20—30 *см* и более. Сравнительно свежие котловины выдувания вскрывают этот слой или, разрушая его, обнажают коренные древнеаллювиальные пески. Раскопки корневых систем кандыма и черкеза показали, что их корни находятся в пределах гумусированного слоя.

Анализ водной вытяжки барханно-бугристых песков в межбугровых понижениях приведен в табл. 50.

Таблица 50

Состав воднорастворимых солей в барханно-бугристых песках, %

Глубина, *см*	Гигроскопическая влага	Сухой остаток	HCO_3	Cl	SO_4	Mg	Ca
0—20	0,54	0,06	0,04	0,003	0,01	0,001	0,003
20—58	0,58	0,04	0,03	0,003	0,01	0,003	0,008
58—100	1,33	0,77	0,03	0,090	0,34	0,024	0,087
100—188	1,32	0,32	0,03	0,074	0,08	0,012	0,021

Грядово-бугристые пески[1] распространены на протяжении около 40 *км* вдоль канала между Ташрабатом и Хаузханским водохранилищем, занимая примерно 60% площади участка. Это наиболее глубоко расчлененные пески на рассматриваемом отрезке трассы. Мощность песчаной толщи, подвергшейся эоловой переработке, достигает 20—30 *м*. Первичные аллювиально-пролювиальные и аллювиально-дельтовые отложения вскрываются в крупных котловинах на глубине 3—5 *м*.

Основные формы рельефа представлены грядами, вытянутыми главным образом с северо-запада на юго-восток и прерываемыми поперечными понижениями. Длина склонов наиболее высоких гряд превышает 100—150 *м*, крутизна колеблется в пределах 10—18°. На таких склонах образовались бугры и мелкие котловины. В большинстве случаев склоны, обращенные к востоку и северо-востоку, несколько круче, чем противоположные.

Бугристые формы рельефа имеют подчиненное значение. Они распространены преимущественно в широких чашеобразных понижениях, реже на пологих склонах крупных гряд, и имеют высоту 1—6 *м*. Котло-

[1] В литературе называются также грядово-ячеистыми (*Прим. ред.*).

вины выдувания обычно расположены в верхних частях западных и юго-западных склонов гряд и сопровождаются скоплениями барханных песков, нередко образующих барханные цепи высотой до 2 *м* и длиной 25—150 *м*. Площади барханных песков увеличиваются в районе Хаузханского водохранилища, вокруг колодцев и вдоль действующих дорог. Пологие склоны гряд и днища понижений испещрены норами грызунов, главным образом большой песчанки. Места скопления нор нередко служат очагами дефляции. Грядово-бугристые пески в основном закреплены растительностью. Кроме эфемеров и эфемероидов, здесь сравнительно много кустарников (черный и белый саксаул, кандым, реже черкез Рихтера). Состав и густота кустарниковой растительности остаются почти постоянными на разных элементах рельефа. Состояние кустарников удовлетворительное, отдельные кусты саксаула достигают высоты 3—4 *м*, черкеза — 2—2,5 и кандыма — 2 *м*. Молодые кустарники встречаются редко, что указывает на их крайне медленное естественное возобновление. Проективное покрытие в среднем не превышает 20%.

Морфологическое строение профиля песков до значительной глубины почти не меняется, слоистость отсутствует. Отмечается преобладание фракций 0,25—0,10 и 0,10—0,05 *мм*. В образце, взятом с поверхности 20-метровой гряды, их содержание составляет 99,8%, на глубине 50 *см*— 98,3%, в межгрядовом понижении на поверхности — 90,9% и на глубине 50 *см* — 91%. На глубине 100 *см* в первом случае содержание этой фракции оказалось равным 97,7% и во втором — 94,8%. Содержание фракций более 0,25 *мм* не превышает 2—3%, а пылеватых частиц — редко 6—7%. С глубиной в механическом составе песков существенных изменений не обнаруживается. В заросших котловинах количество пылеватых частиц несколько увеличивается за счет приноса их с более высоких элементов рельефа.

Содержание воднорастворимых солей в песках незначительно. Оно почти не изменяется с поверхности до глубины 1,5 *м* (табл. 51).

Таблица 51

Состав воднорастворимых солей в грядово-бугристых песках, %

Место отбора образца	Глубина, *см*	Гигроскопическая влага	Сухой остаток	HCO_3	Cl	SO_4	Mg	Ca
Межгрядовое понижение	0—20	0,53	0,08	0,04	0,008	0,020	0,004	0,013
	140—180	0,57	0,05	0,04	0,004	0,010	0,004	0,008
Вершина гряды	0—20	0,48	0,07	0,04	0,006	0,001	0,006	0,016
	160—190	0,51	0,05	0,04	0,004	0,001	0,007	0,012

Для всех описанных типов песков характерен малый запас питательных веществ. Почва развита слабо или совсем не развита. Выраженный гумусовый горизонт отсутствует. Количество гумуса не превышает 0,6%, и это сильно ограничивает возможность выращивания на песках многих ценных древесных пород (табл. 52).

Для развития растительности на песках важную роль играет влагозапас. Как известно, не вся содержащаяся в песках влага одинаково доступна для растений. Поэтому там, где грунтовые воды залегают сравнительно глубоко (8—12 *м*), важное значение имеет подповерхностный (висячий) горизонт влажности. Местоположение этого горизонта в зависимости от количества выпадающих осадков, физических свойств песка, характера рельефа и наличия растительности в течение года постоянно меняется. Например, в июне 1964 г. верхняя граница влажного горизонта на оголенных песках располагалась на глубине 32—35 *см*, на заросших бугристых и грядовых песках — на 44—48 *см*. За летние месяцы она постепенно опускается, доходя до глубины 1,5 *м*.

Таблица 52

Содержание гумуса в грядово-бугристых песках

Тип рельефа	Место отбора образца	Глубина, *см*	Содержание гумуса, %
Пологоволнистый	Заросшая котловина	13—36	0,56
		90—140	0,18
	Вершина гряды	100—130	0,28
Барханно-бугристый	Понижение	0—20	0,56
		20—58	—
		58—100	0,47
Грядово-бугристый	Понижение	0—20	0,41
		110—140	0,22
	Вершина гряды	0—25	

Мощность подповерхностного горизонта в зависимости от характера рельефа песков сильно колеблется. По данным бурения, в грядово-бугристых песках она достигала в чашеобразной котловине 3,04 *м*, а на заросшей средневысотной гряде — 2,10 *м*. В песках этого типа связь подповерхностного влажного горизонта с грунтовыми водами осуществляется путем передвижения парообразной влаги, непосредственная же связь между ними отсутствует.

Поверхностная метровая толща во всех указанных типах песков отличается весьма низкой влажностью. До глубины 1 *м* влажность не достигает и 1%. В августе и сентябре при отсутствии осадков и это незначительное количество влаги на положительных формах рельефа почти полностью исчезает. Одновременно иссушению подвергаются лежащие ниже слои песка, что приводит к полному отмиранию травянистой растительности. Продолжают развиваться лишь те древесно-кустарниковые растения, которые имеют длинные вертикальные корни, проникающие в более увлажненные слои песка. Сравнительно более благоприятные условия увлажнения наблюдаются в глубоких котловинах. Поэтому на таких участках растительность лучше развита, особенно эфемеры, и она выгорает значительно позже, чем растительность на повышенных формах рельефа.

В зоне влияния Каракумского канала на песках всех типов существуют условия, способствующие развитию псаммофитовой кустарниковой растительности (черный и белый саксаул, черкез, кандым и др.), а на узкой полосе, непосредственно примыкающей к руслу канала, условия более подходят для произрастания высокоствольных пород. Пологоволнистые и барханно-бугристые пески при проведении небольших планировочных работ можно использовать для выращивания различных сельскохозяйственных культур.

Связанные с проведением строительных работ нарушения рельефа в разных литолого-геоморфологических районах различны. На глинистых и суглинистых равнинах эти изменения рельефа выражаются лишь в появлении искусственных сооружений (выемок, дамб), изредка возникают эрозионные образования. Иная картина наблюдается в песчаных пустынях, где в связи с уничтожением растительности нарушилось естественное равновесие компонентов природной среды, образовались переваемые пески и усилились процессы эолового изменения рельефа. Эти изменения были изучены нами в пределах песчаных массивов Юго-Восточных Каракумов [1].

[1] Текст об изменениях эолового рельефа принадлежит Н. М. Богдановой и М. К. Граве.

До проведения канала поверхность здесь была в основном достаточно хорошо закреплена растительностью. Перевеваемые барханные пески и язвы дефляции встречались в виде сравнительно небольших участков на гребнях песчаных гряд и отчасти на склонах, а также вокруг колодцев и вдоль наиболее проторенных дорог и троп. С началом строительства канала в эоловую обработку были вовлечены большие массивы незакрепленных растительностью песков, как вынутых непосредственно из русла, так и возникших в местах строительства гидроузлов и шлюзов.

Поскольку со времени начала проведения первой очереди канала прошло более 20 лет, то уже сейчас можно наметить тенденции развития возникших эоловых образований. По исследованиям Ч. Ходжаева (1968), проводившимся в 1954 и 1964 гг. на окраине древней дельты Мургаба в районе с. Захмет и на северной периферии Карабиля у 275-го километра трассы, процессы дефляции за это время в общем усилились, а площади барханных песков увеличились. Густая влаголюбивая растительность, развивающаяся в непосредственной близости от канала, существенной роли в закреплении разбитых песков не играла, поскольку высокие эоловые формы рельефа, наиболее сильно подвергающиеся дефляции, оставались оголенными. Исследования, проведенные нами в 1971—1974 гг., показали, что оголенные пески, образовавшиеся при строительстве канала, неодинаковы по строению, отношению к эоловому воздействию и условиям зарастания. Среди них по происхождению можно выделить два основных типа: антропогенно-техногенные и собственно техногенные пески, различающиеся по тенденции развития.

Антропогенно-техногенные пески, появившиеся в зоне канала около населенных пунктов и гидроузлов, возникли в тесной связи с хозяйственной деятельностью человека. Эти пески по существу ничем не отличаются от барханных песков, возникающих в других частях песчаной пустыни вблизи населенных пунктов. Такие барханные массивы находятся под постоянным воздействием деятельности человека, что препятствует их закреплению растительностью. Чем дальше происходит перевевание песков, тем труднее они поддаются зарастанию, поскольку их механический состав изменяется: тонкие пылеватые частицы в значительной степени выдуваются. Это затрудняет скрепление почвы и поселение на ней растительности. Со временем все более глубокие горизонты песков лишаются пылеватых частиц. Таким образом, на разбитых песках у вновь созданных населенных пунктов вдоль канала тенденции к самозарастанию не наблюдается. Для их закрепления необходимо проведение широкого комплекса специальных пескоукрепительных работ.

Массивы собственно техногенных песков появились непосредственно при строительстве канала. Среди них можно выделить намывные пески, отложенные в виде пульпы землесосными снарядами, и насыпные, слагающие дамбы, сооруженные с помощью экскаваторов и бульдозеров. Намывные пески содержат значительное количество воды, что способствует более активному их зарастанию. Поэтому на них, как правило, быстро поселяется растительность, и не наблюдается образование крупных массивов перевеваемых песков. Исключение составляют немногочисленные участки, где пульпа растекалась на значительной площади и быстро высыхала.

Насыпные пески, слагающие дамбы, откладывались в сухом виде. Дамбы укреплялись механическими защитами, застилались ветками саксаула. Кроме этих защит, развеванию песков в известной мере препятствовали особенности их гранулометрического состава. При прокладке русла и сооружении дамб на поверхности откладывались глубинные неперевеянные или слабо перевеянные пески, в составе которых сохранилось значительное количество тонких фракций. Последние образовали на дамбах уплотненную пылеватую корочку, препятствующую дефляции.

Таким образом, можно полагать, что техногенные пески, возникшие при строительстве канала, меньше поддаются воздействию ветра, легче закрепляются и зарастают, чем антропогенно-техногенные пески.

В пределах зоны первой очереди канала антропогенно-техногенные пески занимают отдельные сравнительно небольшие участки. Наиболее крупные из них расположены у гидроузла № 2, с. Ничка и у Марыйской топливной базы. Меньшие по площади участки развеваемых песков встречаются около гидрологических постов на канале. Техногенные пески тянутся узкой полосой вдоль всего канала, местами прерываясь лишь в районе Келифских озер, где выемка грунта и отсыпка дамб почти не производились, а также в Обручевской степи, где песчаные отложения уступают место глинистым и песчано-глинистым.

Совершенно очевидно, что пути мелиорации естественных, антропогенно-техногенных и техногенных песков различны. В зависимости от характера рельефа, механического состава песков, их засоленности, глубины залегания уровня грунтовых вод и других факторов, указанных выше, должны применяться разные мелиоративные мероприятия. Недостаточный учет этого обстоятельства может привести не только к ослаблению эффекта мелиорации, но местами даже и к усилению дефляции.

ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ВЗВЕШЕННЫХ НАНОСОВ КАНАЛА И ЕГО ИЗМЕНЕНИЯ

Ученых с давних пор интересовал вещественный состав взвешенных наносов рек и оросительных систем в связи с орошением (Шмидт, Доландт, 1878; Vageler, Alten, 1932; Херст, 1954; Ковда и др., 1959; Молодцов, 1963). Однако при оценке влияния процессов почвообразования на ирригационные отложения и изучении воздействия взвесей на орошаемые почвы исследователи исходили из признания роли лишь механического накопления на орошаемых полях элементов питания растений и утяжеления механического состава почв за счет наиболее тонких фракций наносов.

Между тем становится все более очевидным, что практическое значение ирригационных взвесей не ограничивается их механическим накоплением или привносом элементов питания растений; от вещественного состава ирригационных отложений зависят воднофизические, химико-физические и другие свойства орошаемых почв.

Это почти не исследованное, в значительной мере геохимическое влияние взвешенных наносов на орошаемые почвы особое значение приобретает в последнее время, когда перераспределение речного стока между бассейнами приводит к поступлению на поля вместе с оросительными водами соседних рек и чуждых для данного оазиса (бассейна реки) ирригационных взвесей. Последние, как показывают наблюдения, могут вносить заметные изменения в процессы почвообразования, развивавшиеся до поступления чуждых взвесей на аллювиальных отложениях данной реки.

Именно такое положение складывается на Каракумском канале, когда взвешенные наносы Амударьи поступают на орошаемые земли Обручевской степи, а взвеси канала, вынесенные из песчаной пустыни, попадают в почвы, сформировавшиеся на дельтовых отложениях Мургаба и Теджена.

Чтобы ответить на вопрос, какую роль ирригационные взвеси могут играть при мелиорации земель в зоне Каракумского канала, надо решить по меньшей мере две задачи: собрать информацию о вещественном составе взвешенных наносов канала, а затем дать агрохимическую оценку ирригационных взвесей и отложений.

На современной стадии геохимической изученности взвесей обе эти задачи могут быть решены лишь в самом общем виде. Более того, если для характеристики вещественного состава взвешенных наносов уже собраны некоторые, пусть далеко не полные, данные, то подчас мы пока не знаем, как использовать заложенную в вещественном составе взвешенных наносов информацию для прогноза будущих свойств подлежащих орошению почв в связи с поступлением чуждых для данного оазиса взвесей. Поэтому решение второй задачи ограничивается выяснением отдельных методических вопросов, связанных с оценкой возможностей использования сведений о вещественном составе взвешенных наносов при разработке системы мелиоративных мероприятий.

Воды, поступающие из Амударьи в канал, имеют мутность, изменяющуюся преимущественно от 1 *кг/м*³ зимой до 3—4 *кг/м*³ летом. Однако эти взвешенные наносы доходят лишь до Келифских озер, в которых они оседают. Ниже Келифских озер насыщение вод канала мелкоземом происходит в основном за счет размыва берегов и ложа канала при подчиненной роли ветрового сноса частиц в русло. Это приводит к тому, что на всем протяжении от Келифских озер до Ашхабада мутность вод Каракумского канала изменяется в основном от 0,1—0,2 до 0,4 *кг/м*³ в районах развития дейгиша и в местах работы земснарядов.

В связи с указанными особенностями формирования взвешенных наносов до Келифских озер и ниже [1] в Каракумском канале выделяются четыре участка (I—IV), заметно различающиеся по механическому и вещественному составу наносов: I — от головного водозабора до Келифских озер; II — от Келифских озер (оз. Часкак) до Мургабского оазиса; III — Мургабский и Тедженский оазисы; IV — от Тедженского оазиса до Ашхабада.

На первом участке режим мутности вод Каракумского канала и сток наносов в общем виде аналогичны существующим на Амударье (Кузнецов, Санин, 1973). Некоторые отклонения связаны с осаждением крупных фракций в отстойниках головного сооружения, а ниже его — с переформированием русла, которое на протяжении первых 40 *км* сложено преимущественно песками и супесью, а далее по течению — суглинками и даже глинами.

Осаждение крупных фракций амударьинских взвесей в отстойниках приводит к тому, что ниже них на участке от головного водозабора до Келифских озер взвешенные наносы канала почти полностью освобождаются от частиц размером 1,0—0,25 *мм* и в значительной степени от фракции 0,25—0,10 *мм* (табл. 53). Преобладает фракция 0,05—0,01 *мм* (в основном 36—48%), содержание остальных фракций по длине первого участка мало меняется при относительно высоком удельном весе частиц меньше 0,001 *мм* (15—17%).

От Келифских озер вплоть до Ашхабада достаточно четко прослеживается тенденция к утяжелению механического состава взвешенных наносов, вызванная главным образом уменьшением живой силы потока. Это утяжеление в первую очередь связано с увеличением содержания частиц диаметром меньше 0,001 *мм*, достигающего вблизи Ашхабада 35%, тогда как ниже Келифских озер оно не превышает 15%.

Для участка от Келифских озер до Мургабского оазиса характерно преобладание фракции 0,10—0,05 *мм* (до 40%), тогда как после Мургабского оазиса и почти до Ашхабада во взвешенных наносах канала отмечается высокое (более 40%) содержание частиц диаметром 0,05—0,01 *мм*. Однако в местах развития дейгиша или в районах работы земснарядов при отмеченном общем утяжелении механического состава

---

[1] Формирование состава ирригационных взвесей в системе канал — распределитель — арык — орошаемое поле подчинено закономерностям, которые в данной работе почти не рассматриваются.

Таблица 53

Механический состав взвешенных наносов

Место отбора образца	Дата	Размер частиц, *мм*; содержание фракций, %						
		1,0—0,25	0,25—0,10	0,10—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001
р. Амударья — г. Керки	5.V 1970	7,7	4,3	13,5	38,3	12,1	0,1	24,0
Каракумский канал								
I участок								
40-й километр	5.VIII 1970	0,2	2,5	10,1	36,2	15,7	18,5	16,8
70-й »	10.IX 1972	0,2	0,6	5,3	47,8	9,6	21,3	15,2
II участок								
ниже пос. Карамет-Нияз	6.V 1970	0,1	44,6	41,3	7,8	0,5	0,4	5,3
выше пос. Захмет	10.VI 1970	0,4	5,3	41,8	23,9	4,6	8,6	15,4
III участок								
выше г. Байрам-Али	1972	0,1	0,4	15,2	59,4	5,8	6,7	12,4
арык в Тедженском оазисе	1972	—	0,4	19,7	47,3	8,6	8,8	15,2
IV участок								
пос. Душак	30.VIII 1972	—	0,2	—	47,4	12,5	17,0	22,9
в 18 *км* выше г. Ашхабада	1.IX 1972	0,2	0,6	18,5	16,5	16,2	13,5	34,5

взвешенных наносов вниз по течению иногда отмечается местное формирование взвесей более легкого механического состава, для которых характерно повышение содержания фракций 0,25—0,10 и 0,10—0,05 *мм*. Следует также подчеркнуть, что сходство механических составов взвешенных наносов и размываемых отложений наблюдается лишь в пределах второго участка, а на третьем и четвертом участках взвеси обычно тяжелее размываемых отложений за счет насыщения вод канала транзитными (мелкими) частицами.

Различия в источниках питания Каракумского канала взвешенными наносами сказываются на содержании в них азота, гумуса и в меньшей мере подвижных форм калия (табл. 54). При этом количество этих элементов во взвесях на первом участке канала близко к их количеству во взвешенных наносах Амударьи, а на отрезке от Келифских озер до Теджена сопоставимо с их содержанием, определенным в песчаных пустынных почвах.

Отмеченная вниз по каналу дифференциация взвешенных наносов по гранулометрическому составу (выпадение более крупных частиц) приводит к относительному обогащению взвесей элементами питания расте-

Таблица 54

Содержание элементов питания растений, карбонатность и емкость обмена взвешенных наносов Каракумского канала

Участок	Содержание частиц <0,001, %	Гумус, %	Азот, %	Фосфор подвижный, *мг/кг*
I	31,0—62,0	0,50—1,40	0,068—0,092	8,6—12,4
II	16,2—28,0	0,06—0,36	0,024—0,032	6,4—10,5
III	18,7—58,6	0,33—0,77	0,030—0,069	6,0—12,3
IV	52,8—76,6	0,36—0,68	0,030—0,070	5,4—14,1

ний и некоторыми другими элементами. Обращает на себя внимание поведение подвижного фосфора. Обычно с утяжелением механического состава взвесей его содержание увеличивается, тогда как в Каракумском канале ниже Келифских озер оно изменяется от 6 до 14,1 *мг/кг*, что может быть связано с отчуждением подвижных форм фосфора из взвесей водной растительностью.

Однако исчерпывающий ответ об особенностях миграции фосфора во взвешенных наносах можно получить лишь при проведении специальных исследований. Большее внимание следует уделять карбонатам, определяющим воднофизические свойства почв. Подробнее этот вопрос будет рассмотрен при агрохимической оценке взвешенных наносов, а пока заметим, что содержание $CaCO_3$ во взвесях на первом участке, где в основном проходят наносы Амударьи, примерно в 2 раза больше, чем ниже Келифских озер. Отметим также, что содержание карбонатов во взвешенных наносах Мургаба и Теджена составляет 35—45%.

Заметные различия наблюдаются в емкости обмена и особенно в составе обменных оснований взвешенных наносов. Попадающие в канал амударьинские взвеси характеризуются несколько повышенной емкостью обмена (4—10,3 *мг-экв*) по сравнению со взвесями второго участка (2,8—4,9 *мг-экв*). Ниже по течению с утяжелением механического состава взвешенных наносов наблюдается некоторое увеличение емкости обмена. В составе обменных оснований обращает на себя внимание повышенное содержание обменного натрия в пределах третьего участка. При этом примечательно, что В. А. Молодцов (1963) не обнаружил обменного натрия во взвешенных наносах Мургаба. Отсюда следует, что источником обогащения взвесей Каракумского канала этим элементом в пределах оазисов может служить лишь поступающий в канал мелкозем развитых здесь солончаков. Но как только канал выходит за пределы оазисов, количества обменного натрия сразу же уменьшается.

Содержание основных породообразующих элементов тесным образом связано с механическим составом взвешенных наносов и изменяется вдоль канала в достаточно широких пределах. Эти изменения связаны в основном с дифференциацией механического состава взвесей и в меньшей степени с геохимическими особенностями размываемых отложений и частиц, сносимых в канал ветром. В целом намечается тенденция к уменьшению вниз по течению канала содержания во взвешенных наносах кремнезема и к увеличению количества алюминия. Однако нередко можно наблюдать местные отклонения, как, например, в июле 1972 г. у Артыка, когда взвешенные наносы, облегченные за счет ветрового сноса в канал песчаного материала, характеризовались повышенным содержанием SiO_2 (табл. 55).

С минералогическими особенностями сносимого материала и размываемых отложений, по-видимому, следует связывать и довольно значительные изменения вдоль канала содержания железа и кальция. В частности, например, во взвесях канала довольно много мусковита, которого сравнительно немного во взвесях Амударьи, а именно, в легкой части фракции 1,0—0,25 *мм* его содержание в канале достигает 25%, тогда как

Калий подвижный, *мг/кг*	$CaCO_3$, %	Емкость обмена, *мг-экв* на 100 *г* наносов	В % от суммы *мг-экв* $Ca^{++}+Mg^{++}$
100—130	38,0—42,0	4,0—10,3	89,5—94,4
86—100	18,0—24,7	2,8—4,9	Не опр.
86—128	19,1—21,4	6,0—9,8	77,8—83,5
Не опр.	17,0—24,4	5,5—13,9	80,1—91,6

в наносах реки отмечаются только единичные зерна, а во фракции 0,25—0,10 *мм* — соответственно 17 и 7%. По содержанию же остальных минералов различия во взвесях Амударьи и Каракумского канала невелики. Легкая часть фракции 0,25—0,10 и 0,10—0,05 *мм* состоит преимущественно из кварца (соответственно 35 и 48%), карбонатов (12 и 35%), биотита (5 и 25%) и полевых шпатов (5 и 12%).

Тяжелая фракция взвесей как Амударьи, так и канала в основном состоит из биотита, цоизита и магнетита. Кроме того, отмечены эпидот, роговая обманка, гидроокислы железа, циркон и диопсид.

Не соответствует утяжелению механического состава взвешенных наносов поведение окиси железа. В целом ниже Келифских озер Fe_2O_3 содержится в несколько меньшем количестве, чем во взвешенных наносах Амударьи. Более определенная закономерность отмечается для MgO, которого во взвешенных наносах канала обычно несколько больше, чем во взвесях Амударьи. Не исключено, что такое поведение MgO связано с тем, что ниже Келифских озер поступающий в канал мелкозем обогащен магнием (Санин, 1971).

Достаточно однообразно содержание во взвешенных наносах K_2O, Na_2O и P_2O_5, причем Na_2O обычно несколько меньше K_2O. Требует специального изучения поведение во взвешенных наносах SiO_2, TiO_2, MnO. Здесь особенно важен геохимический подход к интерпретации закономерностей формирования этих элементов, хотя, конечно, нельзя забывать и процессы механической дифференциации взвесей.

Среди основных породообразующих элементов в илистой (менее 0,001 *м*) фракции взвесей обращает на себя внимание устойчивое содержание на всем протяжении канала MgO по сравнению с его количеством в образце в целом. Это свидетельствует о том, что обогащение взвесей магнием происходит в основном за счет илистой фракции. Почти не изменяется содержание в данной фракции K_2O, SiO_2, Al_2O_3.

Примечательно, что ранее отмеченная устойчивость содержания K_2O в навеске в целом (18—24%) сохраняется и в илистой фракции (4,1—4,5%). Некоторое увеличение в ней железа от 8,4 до 9,9% можно объяснить его повышенным содержанием в размываемых в настоящее время каналом отложениях, принесенных с Копетдага. Повышенное содержание железа в илистой фракции характерно и для взвесей Мургаба (Молодцов, 1963). Закономерно увеличение в этой фракции содержания Na_2O и уменьшение — CaO, что, по-видимому, объясняется минералогическими особенностями взвешенных наносов (табл. 56).

Рассмотренные закономерности формирования вещественного состава взвешенных наносов обусловливают агрохимическую неравноценность наносов, поступающих в канал из Амударьи, и взвесей, возникающих за счет переформирования русла канала и ветрового сноса в него мелкозема; первые отличаются большей агрохимической ценностью по сравнению со взвесями, формирующимися ниже Келифских озер.

До Келифских озер взвеси относительно обогащены элементами питания растений. Так, содержание гумуса в них заметно выше, чем в такырах (0,4—0,6%), такыровидных (0,5—0,6%) и песчаных пустынных почвах (0,5—0,7%), развитых в зоне влияния канала. Поэтому в процессе окультуривания этих почв при орошении органическое вещество взвесей может не только рассматриваться как дополнительный источник питания растений, но и приведет к улучшению агрофизических свойств осваиваемых почв, особенно их легких разновидностей. Эти изменения прежде всего выразятся в агрегировании почвенного мелкозема, чему в известной степени будет способствовать и высокая карбонатность взвесей (до 38—42% $CaCO_3$).

Особенно благоприятно карбонатность взвесей скажется на формировании структурного карбонатного профиля при орошении песчаных пустынных почв.

Таблица 55

Валовой химический состав взвешенных наносов, в % на прокаленную навеску

Место отбора образцов	Год и месяц	Потери при прокаливании, %	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	P_2O_5	CaO	MgO	K_2O	NaO	SO_3	TiO_2	MnO	Сумма частиц, <0,01, %
р. Амударья — г. Керки	1973, июль	11,32	59,00	10,65	4,10	0,14	10,66	2,45	1,80	1,90	0,11	0,71	0,08	—
	1970, август	10,80	53,60	11,70	4,80	0,15	10,92	3,95	1,96	1,80	0,14	0,58	0,07	46,08
Каракумский канал														
3[illegible]-й километр	1970, июль	11,33	50,60	13,20	5,60	0,13	10,78	4,30	2,13	1,44	0,13	0,60	0,07	54,52
	1970, август	11,00	52,30	12,00	4,80	0,13	11,21	4,45	1,90	1,80	0,13	0,63	0,06	50,96
	1972, »	11,47	54,70	11,25	4,68	0,14	10,51	2,60	1,92	1,63	0,10	0,66	0,06	—
	1973, »	10,10	56,00	11,70	4,10	0,14	10,20	3,10	1,87	1,80	0,13	0,66	0,08	—
пос. Ничка	1970, июль	9,05	63,30	9,10	2,45	0,08	9,73	2,40	1,79	1,87	0,10	0,40	0,04	6,16
	1973, август	11,66	56,00	9,80	3,90	0,14	10,55	3,65	1,79	1,52	0,13	0,61	0,05	—
г. Байрам-Али	1972, »	11,95	56,70	9,30	3,60	0,13	11,35	2,50	1,90	1,56	0,10	0,56	0,04	24,92
пос. Душак	1972, июль	12,95	51,00	11,50	4,30	0,15	11,92	3,50	2,21	1,57	0,10	0,64	0,04	52,41
пос. Артык	1972, »	9,17	62,20	9,40	2,80	0,32	9,81	2,00	2,15	1,80	0,10	0,38	0,03	22,76
г. Ашхабад	1970, май	15,92	46,60	12,00	3,75	0,14	13,10	4,00	2,42	0,97	0,21	0,55	0,04	49,88
	1972, сентябрь	15,53	44,60	13,20	5,40	0,16	14,00	3,00	2,59	0,90	0,20	0,52	0,08	64,22
р. Мургаб														
г. Мургаб	1970, июнь	9,95	62,40	8,80	2,45	0,10	10,71	2,70	1,60	1,20	0,10	0,49	0,04	6,24
пос. Иолотань	1970, »	10,00	61,00	9,00	3,10	0,12	10,26	2,90	1,76	1,68	0,10	0,56	0,04	14,76
г. Мары	1972, июль	12,27	54,40	9,60	3,80	0,13	12,56	2,70	1,98	1,57	0,10	0,48	0,04	28,06
р. Теджен														
г. Теджен	1972, »	12,56	53,60	10,45	4,34	0,13	11,29	2,95	2,10	1,65	0,10	0,62	0,04	57,33

Таблица 56

Химический состав взвешенных наносов в илистой фракции, в % на прокаленную навеску

Место отбора образцов	Год	Потери при прокаливании	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O
р. Амударья—г. Нукус	1966	12,64	57,43	25,67	8,22	1,16	3,33	0,72	4,37
Каракумский канал									
30-й километр	1970	9,25	53,71	27,13	8,43	2,12	4,24	0,38	4,29
в 25 *км* выше Нички	1970	8,44	53,04	26,45	9,52	1,47	5,03	1,04	4,10
на 673-м километре	1970	8,84	52,76	26,84	9,88	0,97	5,19	1,05	4,46
р. Мургаб *	1959	—	50,23	19,92	10,60	4,84	4,37	0,32	2,70
р. Зеравшан *	1954	10,39	45,03	22,28	9,93	0,50	3,98	0,64	3,36

* Данные В. А. Молодцова (1963).

Крайне бедны эти почвы и азотом. Его содержание колеблется в них от 0,03 до 0,04%, тогда как во взвешенных наносах оно достигает 0,07—0,09%. Очевидно, что дополнительное внесение на орошаемые поля азота вследствие его отложения из взвесей оросительных вод в сочетании с удобрением способно повысить урожайность орошаемых почв. Правда, это влияние скажется не сразу, поскольку азот во взвесях находится в труднодоступной для растений форме. Дополнительным резервом питания растений является подвижный калий, содержание которого во взвесях составляет 100—130 *мг/кг*. При высокой мутности поливных вод общее количество доступных форм калия, поступающих на орошаемые поля вместе со взвесями, может удовлетворить значительную часть потребности сельскохозяйственных культур в этом элементе.

Отмеченная высокая карбонатность взвесей, благоприятная для формирования агрохимических свойств окультуриваемых почв, может вместе с тем сказаться отрицательно, приводя к образованию труднорастворимых фосфатов кальция. Подвижного фосфора во взвесях обычно немного — 9—12 *мг/кг*. Однако поскольку в песчаных пустынных почвах Туркмении содержание подвижных форм фосфора крайне невелико (3—7 *мг/кг*), то даже небольшой привнос его с ирригационными взвесями благоприятно скажется на изменении указанных почв при окультуривании.

Песчаные пустынные почвы по сравнению со взвесями отличаются весьма низкой емкостью обмена (соответственно 1,5—2,5 и 4—10 *мг-экв.*). Ее повышение неизбежно повлечет за собой увеличение поглотительной способности этих почв, а следовательно, при орошении можно ожидать улучшения их структурности, воднофизических и воздушных свойств. Поэтому при освоении, например, земель в Обручевской степи, где преобладают песчаные пустынные почвы, поступление на поля ирригационных взвесей будет способствовать их окультуриванию. Следует также ожидать, что наиболее стабильный ион калия может стать своего рода резервом для более доступных форм калийного питания в случае истощения вновь орошаемых почв, в которые калийные удобрения не вносятся. В составе обменных оснований взвесей ведущая роль принадлежит катионам кальция и магния. Количество поглощенного натрия незначительно, немного в них и обменного калия. При таком составе обменных оснований взвешенных наносов Каракумского канала развития солонцеватости почв при их орошении можно не опасаться.

Ниже Келифских озер в связи с незначительным содержанием во взвешенных наносах гумуса, азота, подвижных форм калия, фосфора и

малой мутности вод[1] на поля попадает очень мало необходимых для растений элементов питания, т. е. агрохимическая ценность ирригационных взвесей ничтожна. Вместе с тем настораживает тот факт, что в отдельных районах отмечается высокое содержание обменного натрия (до 2,4 *мг-экв* на 100 *г*) при пониженной карбонатности взвесей. Такое сочетание не может не способствовать развитию солонцеватости почв, которое исключается лишь в том случае, если содержание обменного натрия не превышает 0,4 *мг-экв* на 100 *г* взвешенных наносов и если они к тому же отличаются высокой карбонатностью.

Пестрота почвенного покрова в Мургабском, Тедженском и других оазисах, а также различия в вещественном составе взвешенных наносов Мургаба, Теджена и Каракумского канала на отдельных его участках не позволяют пока сделать какие-либо обобщения относительно агрохимического значения ирригационных взвесей. В каждом конкретном случае необходимо дополнительное изучение вещественного состава взвешенных наносов в системе канал — распределитель — арык. Лишь получив необходимую дополнительную информацию, включающую и данные о содержании микроэлементов во взвесях, можно будет дать обоснованный долгосрочный прогноз возможных физико-химических и других свойств почв, орошение которых только что началось или намечается в будущем.

Рассматривая агрохимическую ценность ирригационных взвесей, особенно в прогнозном плане, нельзя забывать, что в связи с вводом в строй Нурекского гидроузла на Вахше и с созданием здесь водохранилища произойдут определенные изменения вещественного состава поступающих в канал взвешенных наносов. В частности, можно полагать, что после постройки Нурекской ГЭС механический состав взвешенных наносов Амударьи изменится главным образом за счет увеличения русловой эрозии на участке от начала канала до Келифских озер, а после их заиления и в пределах этих озер. Так как неогеновые и четвертичные песчаные и супесчаные отложения, пересекаемые каналом на данном участке, отличаются повышенным содержанием частиц диаметром 0,25—0,10 и 0,10—0,05 *мм*, то не исключено, что и взвешенные наносы обогатятся этими частицами.

Изменение механического состава повлечет за собой уменьшение во взвешенных наносах канала содержания подвижного фосфора до 6—2 *мг/кг*, гумуса — до 0,4—0,8% и азота — до 0,3—0,06%. Содержание подвижного калия, по-видимому, останется в тех же пределах, что и в настоящее время — около 100 *мг/кг*. По-прежнему будет мала емкость обмена взвешенных наносов, а среди обменных оснований, очевидно, будет преобладать кальций и магний.

В результате ожидаемых изменений вещественного состава взвешенных наносов канала на отрезке от его начала до Келифских озер произойдет определенное выравнивание агрохимической ценности взвесей по всей его трассе. Практическое значение такого рода изменений скажется в том, что даже на первом участке понадобится значительно большее время для того, чтобы накапливающиеся в результате привноса ирригационных взвесей количественные изменения отдельных физических, химических и других характеристик орошаемых почв перешли в коренные качественные изменения, как положительные, так и отрицательные. Этот вывод справедлив и для того случая, когда Келифские озера полностью заилятся, а вместо них вступит в строй Зеидское водохранилище-отстойник, расположенное в голове канала и предназначенное для регулирования не только жидкого, но и твердого стока Амударьи.

---

[1] При мутности вод 0,1 *кг/м*^{3} и оросительной норме 10 000 *м*^{3}/*га* на поля поступает в год всего 1 *т* ирригационных отложений.

Остановимся на возможностях использования в сельскохозяйственном производстве заиляющихся Келифских озер. Исследования отложений этих озер показали, что формирование их происходит по типам формирования прирусловых и полойных отложений дельты Амударьи (Клюканова, 1971).

Легкие прирусловые отложения Келифских озер бедны элементами питания растений: по содержанию гумуса и валового азота они находятся на уровне песчаных пустынных почв, а по содержанию подвижного фосфора прирусловые отложения близки к незакрепленным пескам приамударьинской зоны. В прирусловых отложениях довольно много подвижного калия (около 100 *мг/кг*), что объясняется своеобразием минералогического состава песчаных образований (Санин, 1971).

В целом агрохимическое значение прирусловых отложений Келифских озер невелико по сравнению с тонкодисперсными отложениями пойменного типа. Эти преобладающие в Келифских озерах отложения содержат гумуса 0,71—0,79%, азота — 0,69—0,81%, подвижных форм фосфора и калия — соответственно 9—10 и 120—132 *мг/кг*. Примечательно, что несколько более легкие по механическому составу отложения, пролежавшие под водой несколько лет на глубине 0,5 *м* от поверхности, содержат несколько больше органического вещества, чем только что отложившиеся более тяжелые взвеси. Это указывает, что и под водой происходит дополнительное обогащение отложений органикой.

Из особенностей, характерных для отложений Келифских озер, следует отметить относительно высокую емкость обмена, достигающую 10,5 *мг-экв* на 100 *г* наносов. Такая величина емкости обмена в Средней Азии присуща лишь такырам и такыровидным почвам. Поглощающий комплекс этих отложений более чем на 90% насыщен щелочно-земельными катионами при отношении $Ca : Mg < 2$. Таким образом, отложения Келифских озер более тяжелого механического состава имеют большую агрохимическую ценность, являясь аналогами отложений полоев дельты Амударьи, которые, как известно, используются в сельскохозяйственном производстве. В этой связи отметим, что взвешенные наносы канала могут служить и для улучшения почв легкого механического состава, развитых в межгрядовых замкнутых понижениях, создавая здесь очаги оазисного земледелия. Следует подчеркнуть также, что заилившиеся водохранилища с успехом используются в орошаемом земледелии в долине Вахша и других районах Средней Азии.

Таким образом, исследования вещественного состава взвешенных наносов Каракумского канала и их агрохимической роли еще раз подтверждают, что оценивать количество и качество ирригационных взвесей следует и с агрономической точки зрения, и с точки зрения долгосрочной динамики этих ирригационных отложений в будущей оросительной системе. При этом все такого рода оценки следует проводить уже при проектировании оросительных систем с последующими уточнениями ранее выполненных агрохимических оценок ирригационных взвесей в процессе эксплуатации оросительных систем.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОКЛИМАТА

В связи с широким освоением новых территорий исследования микроклиматических особенностей приобретают важное значение не только с научной, но и с практической точки зрения, поскольку микроклиматические данные необходимы как исходные при расчетах возможных климатических условий при изменении подстилающей поверхности. Последняя же изменяется под воздействием хозяйственной деятельности человека в настоящее время особенно резко (появляются новые водоемы,

орошаемые массивы, исчезают и вырастают леса и т. д.). Кроме того, наблюдения за микроклиматом необходимо проводить для определения метеорологических показателей в естественной обстановке, так как метеорологические станции находятся в несколько специфических условиях (Горбунова, 1966).

В естественных условиях микроклиматические различия прежде всего возникают под влиянием неровностей поверхности. Очевидно, что в холмистой местности на склоны разной экспозиции и разной крутизны будет поступать неодинаковое количество солнечной радиации (табл. 57).

Таблица 57

Количество тепла, поступающего на южные и северные склоны за период с температурами воздуха выше 10° (Микроклимат СССР, 1967) *

Метеостанция	*Q*, *ккал/см²*			Отношение сумм тепла между склонами и ровной поверхностью, %	
	северный склон	ровная поверхность	южный склон	северный склон	южный склон
Ташкент	63,9 / 71,8	78,5	86,0 / 82,8	81 / 92	110 / 106
Чарджоу	76,0 / 85,9	95,6	106,0 / 103,5	80 / 90	111 / 108
Душанбе	63,6 / 72,7	80,8	90,0 / 84,9	79 / 90	111 / 105

* В числителе — на склонах с уклоном 20°, в знаменателе — с уклоном 10°.

Поскольку южные склоны получают в течение вегетационного периода на 5—10% больше тепла, чем ровные поверхности, то он укорачивается на 10—15 дней, а на северных склонах, получающих тепла на 10—20% меньше по сравнению с выровненными участками, на 12—17 дней удлиняется. Это необходимо учитывать при выращивании в холмистых районах культур с длительным вегетационным периодом.

В июле 1951 г. Б. А. Айзенштат проводил среди барханных песков в районе Репетека наблюдения за температурой поверхности почвы, а также за скоростью ветра на высоте 1 *м*. Точки наблюдения располагались перпендикулярно барханным цепям (рис. 26). Наибольшие различия в значениях температуры поверхности почвы были отмечены в дневные часы (более 20°). Они были обусловлены экспозицией, крутизной склона, высотой и азимутом солнца. Различия в температуре воздуха и относительной влажности днем были соответственно в пределах 1° и 2—4%, а скорости ветра — в пределах 1—1,5 *м/сек*.

Микроклиматические различия в естественных условиях возникают также на участках с растительностью и без нее. Так, например, по наблюдениям в районе Репетека в апреле, мае и июле 1951 г. на поляне в саксауловой роще температура поверхности песка во вторую половину дня была выше, чем на открытом участке, на 4°. Больший прогрев песка на поляне связан с меньшими скоростями ветра на ней и менее интенсивным теплообменом с воздухом. Температуры воздуха на высоте 2 *м* среди дня были в саксаульнике также несколько выше (до 1°), что объясняется дополнительной отдачей тепла в воздух кронами и стволами. На этой же высоте относительная влажность была на поляне на 1—3% выше, чем в открытой пустыне (Айзенштат, 1958).

Наконец, заметные микроклиматические различия возникают в аридных областях между орошаемыми и неорошаемыми площадями; например, по данным С. А. Сапожниковой (1952), разность средних месячных

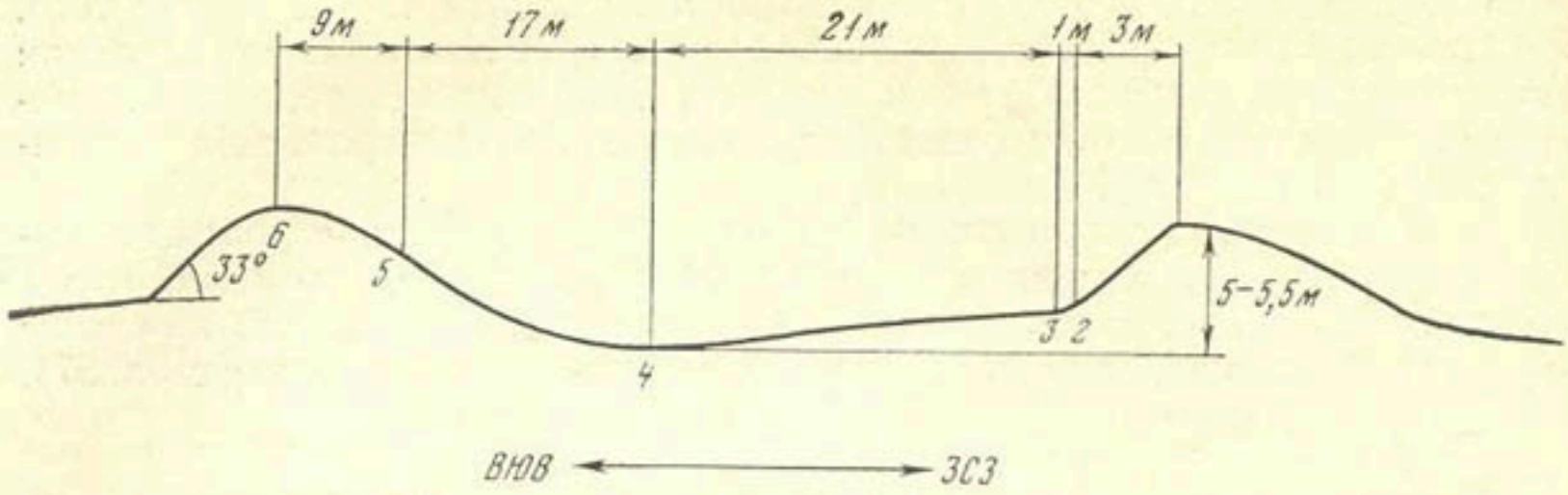


Рис. 26. Схема расположения пунктов наблюдений (*1—6*) по профилю барханного рельефа

температур на высоте 2 *м* над поверхностью между пустыней и большим оазисом (шириной более 3 *км*) в течение вегетационного периода изменяется от 0,6° в апреле до 3,1° в июле и 1,7° в октябре.

В зоне влияния Каракумского канала на формирование микроклимата оказывает воздействие и появление акваторий разных размеров, и изменение подстилающей поверхности (возникновение новых растительных сообществ, заболоченных участков, орошаемых площадей и др.).

Для определения величины возникающих микроклиматических разностей Институт географии АН СССР организовал в 1972—1973 гг. наблюдения на разных участках прилегающей к Каракумскому каналу территории. Одна из серий наблюдений была проведена в период со второй половины июня по конец первой декады июля в Байрам-Алийском районе, на землях колхоза «Ленинград», у уреза воды и в трех точках с различным характером подстилающей поверхности: на участке с тамариксом, на поле хлопчатника и на песках, на 20—30% заросших разнотравьем и кустарниками, уже начавшими желтеть. Все точки располагались к северу от русла канала по линии, перпендикулярной ему. Участок с тамариксом находился в 120 *м* от канала, поле хлопчатника — в 500 *м*, заросшие пески — в 700 *м*. В начале наблюдений высота хлопчатника не превышала 25 *см*, в конце их достигла 35—37 *см* и он начал цвести. Поле имело размеры 200×250 *м* и отграничивалось от соседних полей сухим арыком и валами. Растительность на песках к концу наблюдений почти полностью выгорела. В двух местах профиль наблюдений пересекали небольшие арыки, по которым периодически пропускалась вода (рис. 27).

Наблюдения проводились в дневные часы (08, 14 и 20 часов местного времени). Отсчеты производились по психрометрам, повешенным на мачтах на высоте 40 *см* и 2 *м* от поверхности почвы. Психрометрические отсчеты позволили получить величины температуры воздуха, абсолютной и относительной влажности и ее дефицита. Одновременно велись замеры скорости ветра по анемометрам в 1 и 2 *м* над землей, а также отмечалось его направление.

На рис. 28 показан ход температуры воздуха днем на высоте 2 *м*, осредненный за период наблюдений. Наибольшая разность температур отмечается среди дня и в вечерние часы. Естественно, прохладнее всего у русла канала; даже на расстоянии, не превышающем 120 *м*, температура на высоте 2 *м* уже на 1—1,5° выше, а в песках в отдельные дни — 3—4°. На высоте 40 *см* контрасты температуры над различными подстилающими поверхностями еще заметнее (рис. 29).

При значительной облачности контрасты сглаживаются и даже могут совсем не отмечаться. Так, например, было 28 июня, когда с развитием облачности к вечеру различия в температуре на заросших песках и на поле хлопчатника на обеих высотах не отмечалось (при средней Δt на

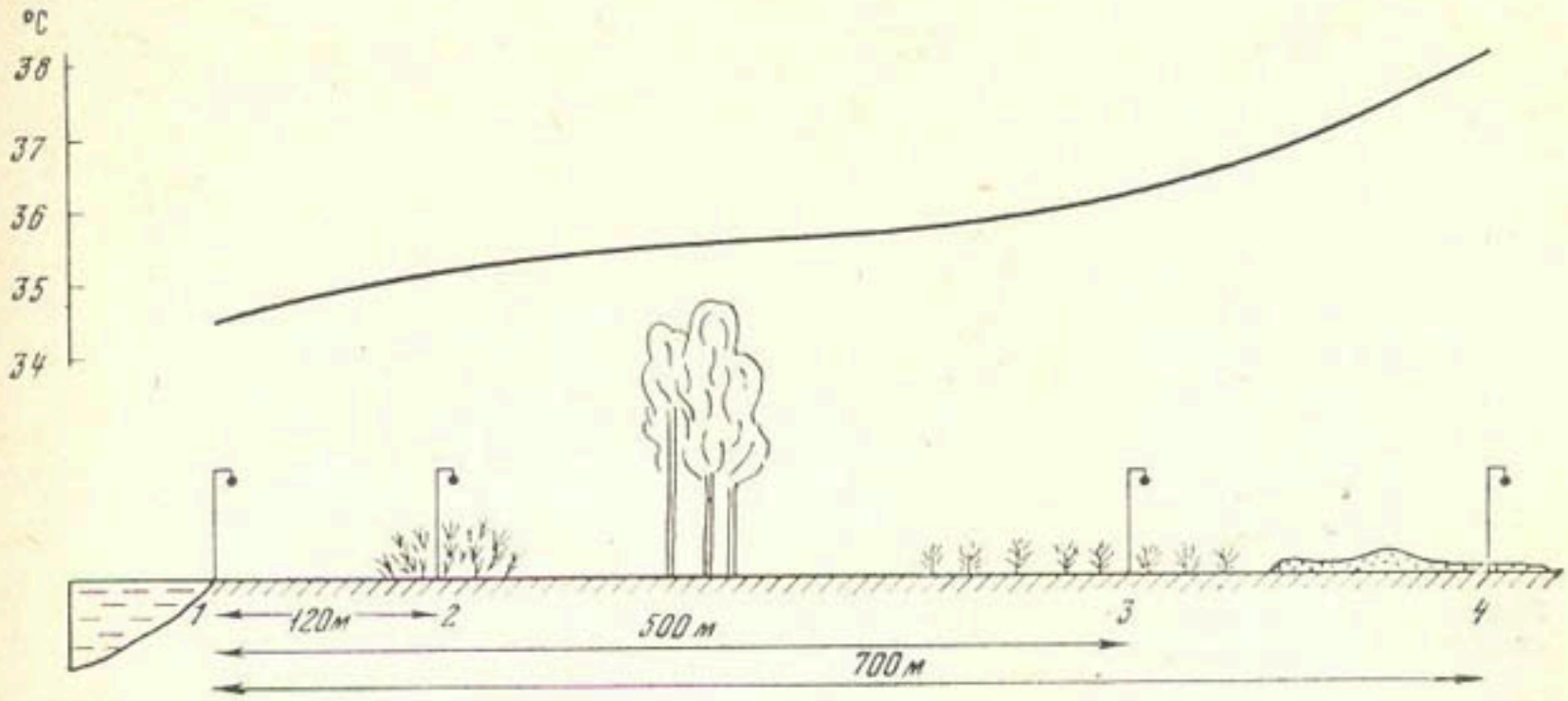


Рис. 27. Распределение температуры воздуха на высоте 2 *м* в 14 часов (7 июля 1972 г.)

1 — урез воды;
2 — участок с тамариксом;
3 — поле хлопчатника;
4 — заросшие пески

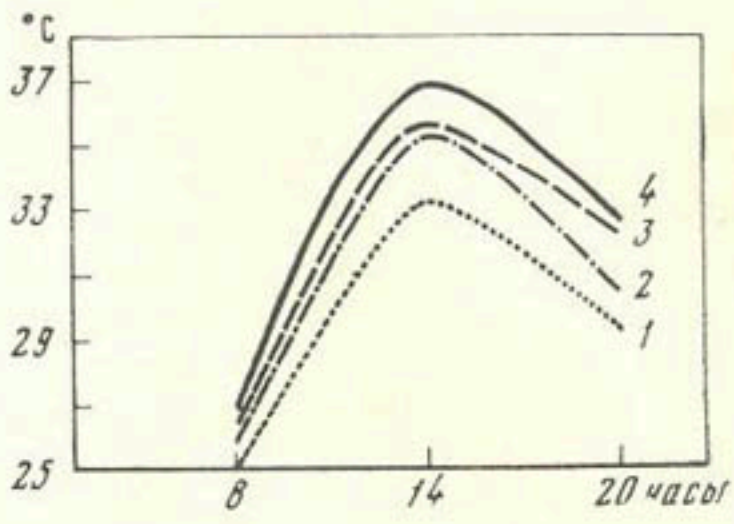


Рис. 28. Средняя за период наблюдений температура воздуха на высоте 2 *м*

Объяснение условных знаков *1—4* см. на рис. 27

высоте 40 *см*=2,4° и Δt на высоте 200 *см*=0,7°). В ясный тихий день контрасты температур воздуха между точкой у уреза воды и другими возрастают, а среди дня на высоте 40 *см* они достигают 2—4,5° и на высоте 2 *м*—1—3,5°. Наибольшее различие было отмечено 2 июля, когда на хлопковом поле был закончен полив и температура воздуха там понизилась из-за расхода тепла на дополнительное испарение. В 14 часов температура воздуха на этом поле на высоте 40 *см* была на 5,2° ниже, чем над заросшими песками, а на высоте 2 *м* — на 2,8°.

Одновременно с различиями температуры возникают различия во влажности воздуха. Наименьшие значения ее в дневные часы отмечаются над заросшими песками. На этом участке абсолютная влажность на высоте 40 *см* была равна в среднем за период наблюдений 9,9 *мб*, причем в отдельные дни она понижалась до 7,5 *мб*. Чем ближе к каналу, тем влажность была выше: средняя ее величина в 14 часов над участком с тамариксом достигала 15,3 *мб* (рис. 30). Колебания влажности ото дня ко дню в зависимости от условий погоды и состояния подстилающей поверхности могут быть значительными. Например, в ночь с 27 на 28 июня выпал небольшой дождь, что привело к повышению абсолютной влажности утром на высоте 40 *см* на участке с тамариксом до 22,8 *мб*, на заросших песках — до 21,2 и на поле хлопчатника — до 20,9 *мб*. Накануне в этот же срок наблюдений влажность достигала соответственно 14,6; 12,2; 12,1 *мб*. Увеличение абсолютной влажности отмечалось над полем хлопчатника также 2 июля после полива, тогда как над другими участками наблюдалось некоторое понижение ее в связи с общим повышением температуры. В этот день абсолютная влажность над полем хлопчатника была выше, чем над заросшими песками и над участком с тамариксом, соответственно на 6,3 и 2,5 *мб*.

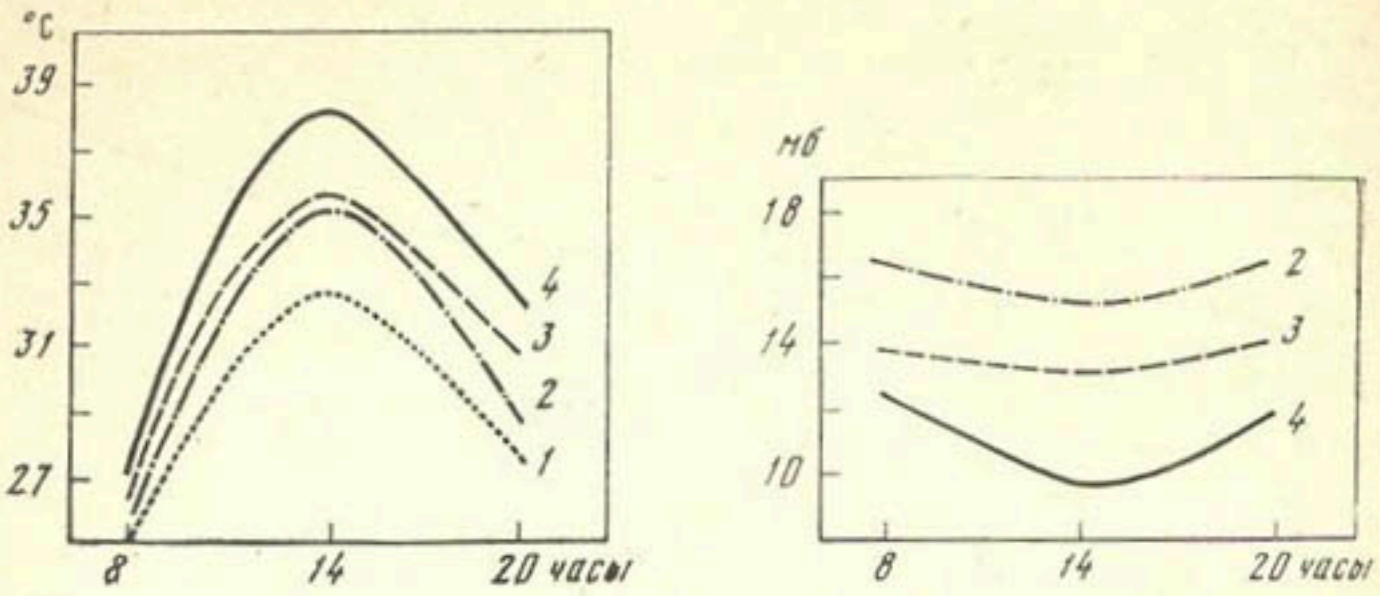


Рис. 29. Средняя за период наблюдений температуры воздуха на высоте 40 *см*
Объяснение условных знаков *1—4* см. на рис. 27

Рис. 30. Средняя за период наблюдений абсолютная влажность на высоте 40 *см*
Объяснение условных знаков *2—4* см. на рис. 27

В соответствии с характером подстилающей поверхности наибольшие величины дефицита влажности наблюдались над заросшими песками. Здесь на высоте 2 *м* в отдельные дни он превышал 60 *мб*, а над хлопковым полем и участком с тамариксом был меньше 55 *мб*. Иными словами, в то время, когда над песками вероятно возникновение, как указывает Л. Н. Бабушкин (1960), суховеев средней силы, на территории, примыкающей к каналу, они маловероятны, а если и возможны, то слабые.

В период наблюдений сильных ветров не отмечалось. На высоте 2 *м* над песками, где скорость ветра была наибольшей, в 41% случаев она достигала 0—3 *м/сек*, в 38% — 2,1—3, в 6% — 3,1—4 *м/сек* и в 15% случаев превышала 4 *м/сек*. В течение всего периода наблюдений преобладали ветры северо-западного направления.

По-видимому, порядок величины контрастов метеорологических элементов между орошаемым полем и песчаной пустыней сохраняется в августе и вообще до конца периода созревания урожая.

Различия в величине метеорологических показателей наиболее отчетливо проявляются в летнее время. В мае 1973 г. на землях колхоза «Ленинград» были повторены наблюдения почти по тому же профилю, как и в 1972 г. На участке заросших песков в отличие от 1972 г. растения еще были зелеными (и разнотравье, и кустарники) и только к концу наблюдений (к началу июня) стали желтеть. Существование зеленых растений свидетельствовало о наличии почвенной влаги, сохранившейся после весенних дождей, а следовательно, и об испарении путем транспирации. В начале наблюдений (10 мая) высота хлопчатника не превышала 3—5 *см*, растения были разрежены. К 22 мая хлопчатник подрос до 15—18 *см*, а к 1 июня достиг высоты 25—30 *см*, причем вдоль грядки кусты сомкнулись. Поливов за период наблюдений не производилось.

Во время наблюдений с 10 по 18 мая, когда хлопчатник был еще невысок, а на песках растительность транспирировала, существенных различий в температуре воздуха и величине относительной влажности в указанных трех пунктах не было отмечено (табл. 58).

Более заметны были различия (но меньшие, чем летом 1972 г.) в третью декаду мая, когда хлопчатник подрос, а на песках вегетация многих растений заканчивалась (табл. 59).

Как было показано выше, в разгар лета отличия микроклиматических показателей от пункта к пункту еще более значительны.

Изменения микроклиматических показателей вблизи канала зависят не только от сезона года, но и от морфометрических особенностей берега. Так, проведенные весной и в начале лета 1973 г. наблюдения на 285-м

Таблица 58

Температура воздуха и относительная влажность на высоте 2 *м* во вторую декаду мая

Участок	08 час.		14 час.		19 час.	
	t°	*r*, %	*t°*	*r*, %	*t°*	*r*, %
С тамариксом	20,0	32	30,4	15	26,5	18
Под хлопчатником	21,1	28	30,7	12	26,8	18
Пески	20,7	27	30,4	12	26,4	18

Таблица 59

Температура воздуха и относительная влажность на высоте 2 *м* в шестую декаду мая

Участок	08 час.		14 час.		19 час.	
	t°	*r*, %	*t°*	*r*, %	*t°*	*r*, %
С тамариксом	23,8	40	33,9	19	29,3	28
Под хлопчатником	24,3	35	34,9	16	31,8	22
Пески	24,6	32	35,3	12	31,2	20

километре показали, что при обрывистом береге высотой 3—3,5 *м* микроклиматические различия вдоль профиля, проложенного в грядовых закрепленных песках перпендикулярно руслу канала, незначительны, и воздействие акватории канала практически очень невелико.

Первая половина весны была дождливой, и к началу наблюдений преобладающим цветом пустыни был зеленый — так много было в ней разнотравья и цветущего кустарника. На небольшой глубине почва была еще влажной. Для наблюдений были выбраны три точки: у берега над обрывом, в 100 и 400 *м* от него. Поскольку различий в метеорологических показателях между этими точками не отмечалось, то через два дня вторая и третья точки были перенесены соответственно на 450 и 1200 *м* от берега. В утренние часы различие в температуре было меньше 0,5°, среди дня и вечером — меньше 1°. На этом же месте были проведены повторные наблюдения через месяц, когда бóльшая часть растений засохла.

Утром и вечером различия в температуре остались такими же, а днем возросли до 1,5—2°. В периоды наблюдений направление ветра было все время северным (со стороны канала), наибольшая скорость его отмечалась на высоте 2 *м* на берегу (2—5 *м/сек*), где она была выше, чем в более удаленных точках, в 1,5—2 раза.

При наблюдении на пологом берегу были получены четкие микроклиматические разности, обусловленные влиянием акватории. Они проводились по профилю перпендикулярно берегу оз. Часкак, на котором есть острова, с 8 по 18 июня в четырех точках (рис. 31). Первая точка находилась в 7 *м* от воды на берегу среди невысокой прибрежной растительности (проективное покрытие 40—50%). Ширина акватории до линии островов составляет 500—600 *м*. Против этой точки между островами расположен пролив. Вторая точка находится в 50 *м* к юго-востоку от первой точки, за невысокой дамбой, на песке с пятнами соли, среди редких солянок. В том же направлении над такой же поверхностью на расстоянии 200 *м* от второй точки располагалась третья точка и в 200 *м* от

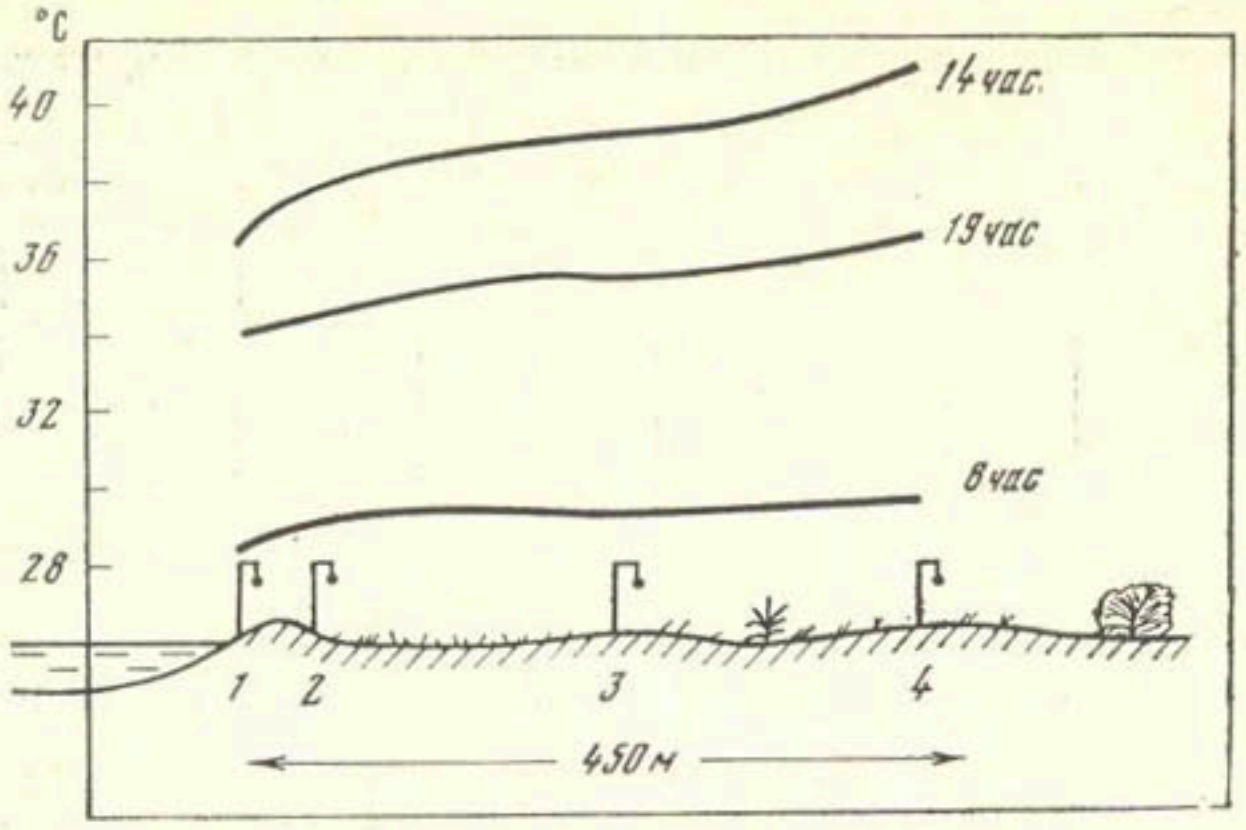


Рис. 31. Профиль расположения точек наблюдений (*1—4*) и распределение температуры воздуха на высоте 2 *м* (14 июня 1973 г.)

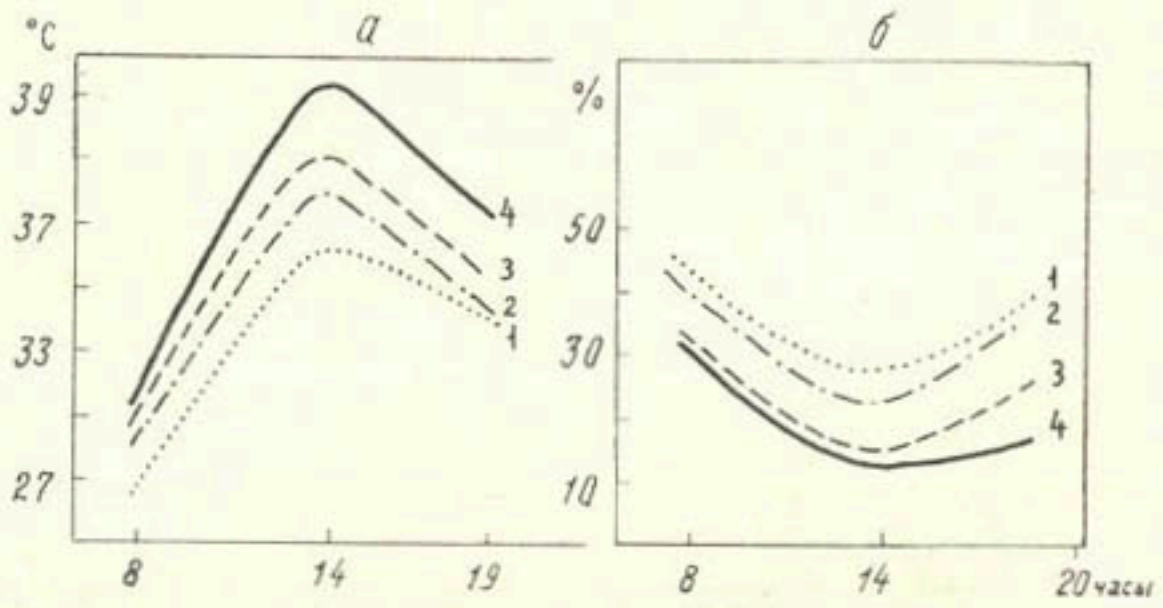


Рис. 32. Средняя за период наблюдений (8—18 июня 1973 г.) температура (*а*) и относительная влажность воздуха (*б*)

1—4 — точки наблюдений

последней — четвертая. Кроме этих четырех точек, несколько раз ставилась передвижная точка для определения границы распространения влияния акватории. В данном случае эта граница проходила на расстоянии 600—1000 *м* от озера.

В течение всего периода наблюдений погода была ясной и малооблачной, что характерно для юго-востока Туркмении в это время года. Направление ветра было все время северо-восточным (со стороны озера). Скорость его на высоте 2 *м* была наибольшей на берегу (в среднем 3—4,5 *м/сек* при максимальной 8 *м/сек*). Среди дня и на берегу, и в пустыне она повышалась, что для этих мест является обычным.

На рис. 32 показан дневной ход температуры и относительной влажности воздуха в районе Часкака по осредненным за период наблюдений данным на высоте 2 *м*. Наименьшие различия в температуре воздуха отмечались утром — от 1 до 3° между первой и четвертой точками, а наибольшие днем — от 3 до 5°. К вечеру они уменьшались до 2,5—4°. На всех точках относительная влажность была выше всего по утрам: на берегу она колебалась от 42 до 54%, а в третьей и четвертой точках — от 30 до 40%. Днем, в связи с повышением температуры, относительная влажность понижалась у берега примерно до 30%, а в третьей и четвертой точках — до 15%. К вечеру влажность возрастала по всему профилю: до 35—50% — на берегу, до 20—35% — на второй и третьей точках, а на самой дальней точке от берега — меньше 20%.

Таким образом, около оз. Часкак отмечаются бóльшие различия в величине метеорологических показателей, чем на землях колхоза «Ленинград». Это объясняется тем, что формирование микроклиматических разностей зависит главным образом от характера подстилающей поверхности. При наблюдениях у оз. Часкак все точки, кроме первой, располагались над обнаженным песком, а при наблюдениях на землях колхоза «Ленинград» — на участках с более влажной почвой, покрытой растительностью, для транспирации которой необходимы затраты тепла, снижающие температуру воздуха и тем самым уменьшающие различия между температурами около озера и вблизи канала.

Около оз. Часкак велись также наблюдения за температурой почвы у уреза воды и в 250 *м* от берега (отсчеты брались по термометрам Савинова). Они показали, что происходящее за ночь охлаждение почвы в обеих точках наиболее ярко выражено на глубине 5 *см*, а к вечеру, наоборот, ближе к поверхности отмечаются самые высокие температуры. Было установлено, что ход температуры почвы на берегу и в удалении от него параллелен, только у берега температура на всех глубинах на 3—5° ниже. Наблюдения показали также, что амплитуда суточного хода температуры почвы в обеих точках с глубиной уменьшается (табл. 60).

Таблица 60

Средняя за период наблюдений температура почвы, °С

Глубина, *см*	08 час.		14 час.		19 час.	
	урез воды	250 *м* от берега	урез воды	250 *м* от берега	урез воды	250 *м* от берега
5	25,7	29,5	34,5	37,2	33,6	38,9
10	26,4	29,9	31,0	34,1	32,2	36,6
15	26,7	31,6	29,2	33,5	30,9	35,8
20	26,9	30,6	28,0	31,5	29,5	34,2

Сравнение значений дефицита влажности за период наблюдений показывает, что на расстоянии 200 *м* от воды суховеи маловероятны (дефицит влажности среди дня не превышает 50 *мб*), но уже на расстоянии 250 *м* возможно появление суховеев слабой и средней силы (дефицит влажности днем от 50 до 65 *мб*).

При расширении орошаемых площадей на территории, примыкающей к каналу, будет происходить соответствующее изменение температуры и влажности воздуха. По предварительным расчетам, если принимать относительную влажность внутри растительного покрова равной 70%, то для оазисов длиной 10 *км* наибольшие изменения температуры и влажности воздуха за вегетационный период произойдут в восточной части рассматриваемой территории. При этом на высоте 2 *м* температура воздуха понизится на 1,5—2°, а абсолютная влажность возрастет на 3—4 *мб* (Горбунова и др., 1974).

Приведенные выше данные показывают, что после проведения Каракумского канала между непосредственно прилегающей к нему территорией и окружающей пустыней возникли существенные микроклиматические различия как в температуре, так и во влажности воздуха и отчасти в скорости ветра в приземном слое воздуха. Хотя эти различия, как отмечалось, достигают наибольшей величины вблизи поверхности, они все же достаточно ощущаются и на высоте 2 *м*, т. е. во всем слое воздуха, в котором протекает жизнь человека, животных и многих растений. Уже сейчас вблизи канала условия для жизни человека стали более комфортными, чем в удалении от него. Их комфортность можно еще более повысить, а также увеличить площадь, на которую они распространяются, путем посадки вдоль канала деревьев и кустарников.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение обстановки в зоне влияния Каракумского канала не только существенно расширило прежние сведения о природной среде этой территории и направленности ее изменений в связи со строительством канала, но и внесло коррективы в ранее существовавшие представления по отдельным вопросам взаимодействия природной среды и такого мощного гидротехнического сооружения, каким является канал.

На начальном этапе природно-мелиоративного районирования для сравнительной качественной оценки пригодности земель для орошения с использованием их для хлопководства и плодоводства достаточно ограничиться рассмотрением таких компонентов природной среды, как рельеф и гидрогеологические условия (дренированность), почвенный покров и агроклиматические условия. Остальные составляющие ее можно учитывать по мере их влияния на природно-мелиоративную обстановку и на специализацию орошаемого земледелия.

Критерии, положенные авторами монографии в основу природно-мелиоративного районирования рассматриваемой территории, обеспечивают правильный подход к районированию зонального (среднеазиатского) комплекса мелиораций. Согласно такому подходу должен районироваться не сам комплекс мелиораций, а их технология — способы подачи воды на орошаемые поля, техника полива и типы дренажа, характер фито- и земельных мелиораций.

Высказанные авторами соображения относительно направленности изменений природной среды под воздействием проводимых мелиораций нельзя рассматривать как окончательные, так как способы мелиораций все время совершенствуются. Их характер и содержание уже сейчас меняются буквально на глазах. Поскольку же прогнозировать развитие мелиоративных мероприятий практически пока невозможно, то нельзя точно предсказать и будущее природно-мелиоративного состояния каждого района. Однако связь прогнозных аспектов с вероятным в каждом районе изменением природной среды открывает определенные возможности для прогнозирования целесообразности применения в том или ином районе более совершенных мелиоративных мероприятий.

Таким образом, будущее природно-мелиоративное состояние каждого из выделенных районов связано с новыми формами эксплуатации природных ресурсов, которые должны соответствовать ожидаемым изменениям природной среды. К сожалению, этот важный момент природно-мелиоративного районирования до последнего времени находился вне поля зрения исследователей. Невелики в общем успехи, достигнутые в этом направлении и проведенными исследованиями. Но тем не менее основную цель они выполнили, показав принципиальную возможность и необходимость прогноза новых форм эксплуатации природных ресурсов, включая вовлечение в сельскохозяйственное производство ранее почти не использовавшихся, например песчаных пустынных почв или формирующихся пресноводных линз грунтовых вод. Таким образом, учет новых форм эксплуатации природных ресурсов, соответствующих меняю-

щейся вследствие развития орошения природной среде, выступает в качестве одной из основ природно-мелиоративного районирования.

Характер воздействия Каракумского канала на природные условия в разных частях зоны его влияния различен. Проведенный анализ показал, что в целом изменения природных комплексов носят в масштабе Каракумов локальный характер. При этом в оазисах изменения ранее сложившейся, в значительной степени искусственной среды обитания происходят под влиянием дополнительной подачи оросительных вод в результате фильтрации вод из канала, тогда как вне оазисов в качестве ведущего преобразующего фактора выступают прежде всего фильтрационные воды при подчиненной роли вод самого канала.

Дополнительное поступление амударьинских вод в дельты Мургаба и Теджена при несовершенстве систем орошения в пределах оазисов и слабом развитии дренажных систем повлекло за собой быстрый подъем уровня грунтовых вод со всеми вытекающими нежелательными последствиями, связанными главным образом с засолением почв. Ликвидация этих последствий обеспечивается дренажом, и можно полагать, что при его осуществлении в требуемом объеме нормальное функционирование природно-технических комплексов оазисов будет обеспечено.

Вне оазисов фильтрация вод из Каракумского канала сопровождается подъемом и формированием грунтовых вод на прилегающей к каналу местности. Однако этот процесс пока не привел к широкому развитию солончаков. Достаточно сказать, что на первой очереди канала за все время его работы воздействие фильтрационных вод, а следовательно, изменение природной среды, проявилось на площади, примерно равной 4500—5000 *км*^{2}; из них к концу 1974 г. солончаки занимали всего 40 *км*^{2}, причем часть их существовала здесь и ранее. На этом участке воздействие фильтрационных вод канала проявляется лишь в пределах полосы шириной преимущественно в 5—25 *км* по обе стороны от него, хотя очаговые изменения природной среды, связанные с развитием единичных фильтрационных озер, отмечаются на расстоянии до 50 *км* по правобережью канала.

Интенсивность воздействия фильтрационных вод при одинаковых климатических и почвенных условиях зависит от геоморфологической обстановки. Активное влияние на природу Обручевской степи и песчаных равнин фильтрационные воды оказывают в понижениях рельефа, где отмечаются формирование фильтрационных озер и возникновение заболоченности, тогда как на возвышенных участках оно проявляется слабо, в связи с чем изменение природной среды происходит на них крайне медленно и пока практически не ощутимо.

Сложившиеся под влиянием Каракумского канала геоморфолого-гидрологические условия представляют собой тот фон, на котором протекают изменения природной среды. Среди ее компонентов в этом плане наиболее подвижными оказались микроклимат, растительность и население животных. Причем весьма подвижный биолитологический компонент (биокомплексы песчаной пустыни, глинистой пустыни и др.) в то же время трудно управляем. По-иному ведет себя почвенно-литологический компонент, наиболее управляемый, но и более инертный.

Взаимодействие перечисленных компонентов — геоморфолого-гидрогеологического, био-литологического и почвенно-литологического — оказалось достаточно сложным, что привело к формированию на сравнительно ограниченной территории, в пределах которой ощущается влияние Каракумского канала, разнообразных антропогенно-природных комплексов. Их формирование сопровождалось изменением теплового и водного балансов. В естественной пустыне поглощаемое тепло расходовалось в основном на турбулентный теплообмен и эффективное излучение, с появлением же после проведения канала пышной влаголюбивой растительности бóльшая часть его стала расходоваться на испарение

путем транспирации. Таким образом, фильтрационные воды канала не полностью участвуют в питании грунтовых вод в зоне его влияния.

Проведенные исследования дали ответ на ряд вопросов, но одновременно, как это часто случается, в их ходе возникли новые, иногда неожиданные, вопросы, связанные с изменением природной среды. Так, например, выяснилась необходимость оценки устойчивости во времени вновь образовавшихся природных и природно-антропогенных комплексов. Достаточно указать, что существование озер прорыва исчисляется годами, тогда как фильтрационные озера — более устойчивые образования. В то же время уже сейчас отмечается и их динамичность. Крайне острым стал вопрос об учете научно-технических достижений при прогнозах возможных изменений природной среды. Остались по существу нерешенными такие дискуссионные вопросы, как профилактика заиления и водно-солевые балансы различных районов зоны влияния Каракумского канала.

Таким образом, наметилось определенное отставание в разработке фундаментальных вопросов теории прогноза всего многообразного воздействия сверхмощных каналов на природную среду. Поэтому одна из первоочередных задач дальнейших исследований состоит в сборе информации, характеризующей не столько зональные изменения природной среды в целом, сколько региональные и азональные особенности изменений, взаимосвязи отдельных ее компонентов. Только такой в основе своей биологический подход позволит разработать необходимые модели и методики, связывающие функциональные особенности водохозяйственной системы река — канал с их воздействием на природную среду.

Заметим, что исследования, направленные на получение специфической информации, не столь просты, как это может показаться на первый взгляд. Трудности на этом пути многочисленны и разнообразны. По-видимому, надо не столько увеличивать объем общепринятой информации, сколько изыскивать новую научную информацию, отвечающую задачам моделирования. Сейчас трудно определить конкретное содержание этой информации, но предусмотреть ее целевую направленность не представляет больших затруднений: она должна позволить комплексно оценивать влияние на природную среду, экономику и социальные условия таких водохозяйственных систем, параметры которых во времени не остаются постоянными, а непрерывно совершенствуются.

Для выяснения всех последствий развития орошаемого земледелия за счет вод Каракумского канала на базе крупных специализированных хозяйств (орошаемые массивы по 10—20 тыс. *га* и более) необходимо провести длительные и разносторонние стационарные исследования, располагая опорные станции в основных регионах по трассе канала. Одновременно с организацией научно-прогнозных стационаров целесообразно продолжить комплексные экспедиционные исследования.

В основу работы научно-прогнозных стационаров, занимающихся исследованием изменений природной среды, следует положить оценку оправдываемости уже разработанных, но в значительной мере предварительных прогнозов возможных изменений таких элементов природной среды, как микроклимат, почвы, подземные воды, растительный покров и население животных, а особенно гидрогеологических условий, геоморфологических процессов и ранее сложившихся экосистем. Эта оценка должна служить научной основой соответствующих корректив осуществляемого в том или ином природном районе комплекса мелиораций. Таким образом, круг задач научно-прогнозных стационаров должен включать исследования по следующей сложной цепочке, которую назовем информационной системой: природная среда → природная среда + + мелиорация → информация об изменении природной среды → внесение корректив в комплекс мелиораций → оптимальные изменения природной среды.

Актуальность научно-прогнозных стационаров очевидна. Поэтому следует незамедлительно приступить к разработке программы и методики проводимых ими исследований, обеспечивающих решение проблемы прогноза изменений природной среды как в целом, так и ее отдельных элементов на примере Каракумского канала, учитывая, что в ближайшем будущем его строительство еще будет продолжаться и он будет совершенствоваться. Поскольку же зональные изменения природной среды и водного баланса обычно усложняются местными региональными особенностями, то их учет является ведущим моментом всех дальнейших научно-теоретических и методических проработок, связанных с изменением естественной обводненности территорий в зоне влияния канала.

Только такой подход позволит разработать единую методику природно-мелиоративного районирования тех территорий, на которые предполагается подавать воды сибирских рек, и решить проблему прогнозирования изменений природных комплексов и экосистем в районах крупномасштабной, межбассейновой переброски речного стока.

ЛИТЕРАТУРА

Аверьянов С. Ф. Фильтрация из каналов и ее влияние на режим грунтовых вод.— В кн.: Влияние оросительных систем на режим грунтовых вод, сб. 1. М., Изд-во АН СССР, 1956.

Айзенштат Б. А. Тепловой баланс и микроклимат некоторых ландшафтов песчаной пустыни.— В кн.: Современные проблемы метеорологии приземного слоя воздуха. Л., Гидрометеоиздат, 1958.

Александров В. В. К геологической истории «Предгорий Парапамиза» и Юго-Восточных Каракумов.— Изв. Гос. геогр. об-ва, 1934, т. 66, вып. 3.

Амурский Г. И. Четвертичные отложения Юго-Восточной Туркмении. Автореф. канд. дис. Ашхабад, 1960.

Амурский Г. И. О блоковом строении Каракумской области Туранской плиты.— Бюл. Моск. о-ва испыт. природы. Отд. геол., 1964, т. 39, вып. 4.

Амурский Г. И., Раевский М. И. Строение центральной части дельты р. Теджен.— Бюл. научн.-техн. информации Мин-ва геол. и охраны недр СССР, 1959, № 9.

Бабаев А. Г. Вопросы закрепления и облесения песков на трассе Каракумского канала.— Учен. зап. Туркм. ун-та, 1956, вып. 6.

Бабаев А. Г. Физико-географическое районирование Юго-Восточной Туркмении.— Изв. АН ТССР. Сер. биол. наук, 1962, № 2.

Бабаев А. Г., Сахатов А. О типах лесорастительных условий песков зоны второй очереди Каракумского канала.— Изв. АН ТССР. Сер. биол. наук, 1961, № 5.

Бабушкин Л. Н. Агроклиматическое районирование хлопковой зоны Средней Азии. Л., Гидрометеоиздат, 1960.

Бабушкин Л. Н. О коэффициенте использования термических ресурсов.— Труды САНИГМИ, 1971, вып. 66 (81).

Бабушкин Л. Н., Когай Н. А. Физико-географическое районирование Туркменской ССР. Ташкент, «Фан», 1971.

Бакашев Н. А., Новицкий В. А., Сапаров Б. Некоторые вопросы фильтрации и кольматации русла каналов. Ашхабад, «Ылым», 1973.

Балакаев Б. Н., Шило С. Х. О применении формул транспортирующей способности потока в условиях Каракумского канала.— В кн.: Мелиоративные исследования в Туркменистане. Ашхабад, «Ылым», 1970.

Бартольд В. В. К истории орошения Туркменистана. СПб., 1914.

Бейдеман И. Н., Беспалова З. Г., Рахманина А. Т. Эколого-геоботанические и агромелиоративные исследования в Кура-Араксинской низменности Закавказья. М.-Л., Изд-во АН СССР, 1962.

Бекиев К. Количественная зависимость испарения с поверхности почво-грунтов при близком залегании уровня грунтовых вод.— В кн.: Вопросы водного хозяйства в Туркменистане. Ашхабад, «Ылым», 1973.

Бердыев О. Мелиоративное действие коллекторно-дренажной сети в Туркменской ССР. Тезисы докл. на Научно-техническом совещании по вопросам повышения эффективности комплексного использования земельно-водных ресурсов в зоне Каракумского канала им. В. И. Ленина. Ашхабад, 1967.

Богданова Н. М. О древних террасах — дельтах североафганских рек в Юго-Восточных Каракумах.— Труды Ин-та геогр. АН СССР, 1960а, вып. 80. Материалы по геоморфол. и палеогеогр. СССР, вып. 24.

Богданова Н. М. О происхождении и возрасте Мешедского песчаного массива в Юго-Западной Туркмении.— Труды Ин-та геогр. АН СССР, 1960б, вып. 80. Материалы по геоморфол. и палеогеогр. СССР, вып. 24.

Борисенко А. А., Радюкевич Н. М. Четвертичная система. Долина и правобережье Амударьи. В кн.: Геология СССР, т. 22. Туркменская ССР. М., «Недра», 1972.

Вальбе С. П., Смирнов Л. Н., Мирзаханов М. К. Тектоника. Предкопетдагский краевой прогиб.— В кн.: Геология СССР, т. 22. Туркменская ССР. М., «Недра», 1972.

Васильев В. А. Очерк гидротехнических работ на Мургабском гос. имении. Пг., 1915 (Материалы к проекту орошения долины р. Чу в Семиреченской обл., вып. 4).

Вейсов С. Динамика рельефа подвижных песков (на примере Юго-Восточных Каракумов). Автореф. канд. дис. Ашхабад, 1969.

Востокова Е. А. Гидрогенные экологические ряды растительности пустынных областей.— Землеведение. Нов. сер., 1967, т. 7 (47).

Востокова Е. А., Шавырина А. В., Ларичева С. Г. Справочник по растениям —

индикаторам грунтовых вод и почвогрунтов для южных пустынь СССР. М., Госгеолтехиздат, 1962.

Вредные животные Средней Азии. Под ред. Е. Н. Павловского и А. А. Штакельберга. Л., Изд-во АН СССР, 1949.

Геллер С. Ю., Минаева Е. Н. Проблема преобразования водного баланса в зоне Каракумского канала. Тезисы докл. IV Всесоюз. гидрол. съезда. Секция гидрол. проблем водного хоз-ва. Л., Гидрометеоиздат, 1973.

Гельбух Т. М., Джоган Л. Я. Воднобалансовые исследования в районах развитого орошаемого земледелия (на примере бассейна Сырдарьи).— Водные ресурсы, 1974, № 1.

Герасимов И. П. Геоморфологические районы Юго-Восточных Каракумов.— В кн.: Природные ресурсы Каракумов, ч. 4. М.— Л., Изд-во АН СССР, 1940.

Герасимов И. П. Преобразование природы и развитие географической науки в СССР. М., «Знание», 1967.

Гидрогеология СССР, т. 38. Туркменская ССР. М., «Недра», 1972.

Годин Ю. Н. Глубинное строение Туркмении по геофизическим данным. М., «Недра», 1969.

Горбунова И. Г. Различия в температуре и влажности воздуха между оазисом и пустыней.— Труды Глав. геофиз. обсерват., 1966, вып. 194.

Горбунова И. Г., Орловский Н. С., Утина З. М. Изменение температуры и влажности воздуха при орошении пустынных территорий.— Проблемы освоения пустынь, 1974, № 6.

Горбунова О. Г. Гидрогеология дельты Мургаба.— Материалы исследований в помощь проектированию и строительству Каракумского канала, вып. 4. Ашхабад, Изд-во АН ТССР, 1958.

Гоаве Л. М. Взаимодействие Каракумского канала и природной среды.— Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1974, № 5.

Граве Л. М., Костюченко В. П. Изменение пустынного ландшафта в зоне влияния Каракумского канала.— Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1975, № 5.

Граве М. К. Северная подгорная равнина Копетдага и ее соотношение с южной частью Низменных Каракумов.— Труды Ин-та геогр. АН СССР, 1954, т. 62. Материалы по геоморфол. и палеогеогр. СССР, вып. 12.

Граве М. К. Вал «Мерз» — древнее ирригационное сооружение.— Природа, 1957а, № 5.

Граве М. К. Северная подгорная равнина Копетдага.— Труды Арало-Касп. комплексной экспедиции, 1957б, вып. 9.

Граве М. К., Корнилов Б. А., Тимошкина В. А. Особенности природно-мелиоративного районирования освоенных и осваиваемых территорий в зоне Каракумского канала.— Тезисы докл. совещания «Влияние межбассейнового перераспределения речного стока на природные условия Европейской территории и Срединного региона СССР». М., 1975. Ротапринт.

Гранитов И. И. Растительный покров Юго-Западных Кызылкумов. Т. 1. Ташкент, «Наука», 1964.

Гринберг Л. М. Каракумский канал. Ашхабад, Изд-во АН ТССР, 1963.

Гринберг Л. М. Мелиоративное состояние земель в зоне Каракумского канала.— Тезисы докл. на Научно-техническом совещании по вопросам повышения эффективности комплексного использования земельно-водных ресурсов в зоне Каракумского канала им. В. И. Ленина. Ашхабад, 1967.

Грязнова Т. П. Бугры-томмоки Юго-Западной Туркмении и их аналоги.— Геоморфология, 1970, № 2.

Дорошенко В. П. Гидрогеологические условия массивов существующего и перспективного орошения.— В кн.: Гидрогеология СССР, т. 38. Туркменская ССР. М., «Недра», 1972.

Дубинская Н. П. Гидрогеологические особенности и опыт применения вертикального дренажа в супесчано-суглинистых отложениях на Прикопетдагской равнине. Автореф. канд. дис. Ашхабад, 1969.

Заманмурад Х., Бекиев К. Испарение с сильнозасоленных почв на опытном участке в Туркменской ССР.— Проблемы освоения пустынь, 1974, № 3.

Захарченко В. Т. Каракумский канал им. В. И. Ленина и развитие орошаемого земледелия в Юго-Западном Туркменистане.— Проблемы освоения пустынь, 1972, № 4.

Звонкова Т. В. Среднеазиатская равнинная страна.— В кн.: Физико-геогр. районирование СССР. М., Изд-во МГУ, 1968.

Иомудский К. Строительство Каракумского канала им. В. И. Ленина — коренной шаг в освоении пустынь Туркменистана.— Проблемы освоения пустынь, 1974, № 4.

Калугина О. Я. К вопросу о водном балансе и подземном стоке Центрального Копет-Дага.— В кн.: Гидрогеология и инженерная геология (Материалы Юбилейной науч.-техн. конференции геол. службы ТССР). Ашхабад, 1969.

Карелин Г. С. Экспедиция для осмотра восточных берегов Каспийского моря в 1832 г.— Зап. Рус. геогр. о-ва по общей геогр., 1883, т. 10.

Келембет Г. Р. О геологическом строении и гидрогеологических условиях Каахкинского участка предгорий Восточного Копет-Дага.— В кн.: Геология и инженерная геология (Материалы Юбилейной науч.-техн. конференции геол. службы ТССР). Ашхабад, 1969.

Кесь А. С. Джар — древнее русло реки Атрек.— Труды Ин-та геол. АН СССР, 1934, вып. 12.

Кирста Б. Т. Сток взвешенных наносов рек Туркмении. Ашхабад, «Ылым», 1970.

Кирста Б. Т. Гранулометрический состав взвешенных наносов и донных отложений Амударьи и Каракумского канала.— В кн.: Вопросы водного хозяйства

в Туркменистане. Ашхабад, «Ылым», 1973.
Кирста Б. Т. Минерализация воды, химический сток рек Туркменистана и методы их расчета. Ашхабад, «Ылым», 1975.
Кирста Б. Т. Гидрологические особенности западных районов Средней Азии. Ашхабад, «Ылым», 1976.
Клычев А.-М. Туркменская ССР. М., Политиздат, 1972.
Клюканова И. А. Взвешенные наносы Амударьи и их ирригационное значение. М., «Наука», 1971.
Клюканова И. А., Кузнецов Н. Т. Содержание элементов питания растений в новейших аллювиальных отложениях в дельте Амударьи и развивающихся на них почвах.— Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1971, № 2.
Ковда В. А., Захарьина Г. В., Шелякина О. А. Значение ирригационных наносов Аму-Дарьи в плодородии почв.— Почвоведение, 1959, № 4.
Коган Ш. И., Кошкалда В. А. Озера Туркменской ССР (науч.-попул. очерк). Ашхабад, Изд-во АН ТССР, 1960.
Корнилов Б. А., Тимошкина В. А. Рельеф и древние мелиоративные сооружения в Юго-Западной Туркмении.— Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1971, № 4.
Коровин Е. П. Сорная растительность хлопковых полей Средней Азии и меры борьбы с ней. Москва — Ташкент, САОГИЗ, 1934.
Коровин Е. П. Растительность Средней Азии и Южного Казахстана. Кн. 1. Ташкент, Изд-во АН УзССР, 1961.
Корсунская И. Б., Черновал В. Т. К вопросу о прогнозировании верховодок на мелиорируемых землях.— Мелиорация и водное хоз-во, вып. 16. Киев, 1971.
Костюченко В. П. Орошаемые почвы.— В кн.: Инструкция и краткие методические указания по крупномасштабному картированию земель и разработке дифференцированных агромелиоративных мероприятий для колхозов и совхозов Туркменской ССР. Ашхабад, Изд-во АН ТССР, 1964.
Костюченко В. П., Граве Л. М. Изменение почв Юго-Восточных Каракумов под влиянием Каракумского канала.— Проблемы освоения пустынь, 1975, № 1.
Кудельский А. В., Акмамедов А. Западно-Туркменский артезианский бассейн. Общие закономерности формирования подземных вод.— В кн.: Гидрогеология СССР, т. 38. М., «Недра», 1972.
Кузнецов Н. Т., Богданова Н. М., Граве Л. М. и др. Влияние Каракумского канала на изменение природных компонентов и пути прогноза этих изменений.— Тезисы докл. совещания «Влияние межбассейного перераспределения речного стока на природные условия Европейской территории и Срединного региона СССР». М., 1975. Ротапринт.
Кузнецов Н. Т., Санин С. А. Агрохимическое значение взвешенных наносов Каракумского канала.— Проблемы освоения пустынь, 1973, № 4.
Кулиев А. М. Перекрестная опыляемость азербайджанских сортов хлопчатника и работа пчел на цветках.— В кн.: Опыление с.-х. растений пчелами, вып. 3. М., Изд-во Мин-ва сельск. хоз-ва, 1960.
Лавров А. П. Краткая характеристика почвенно-географических условий подгорной равнины Западного Копетдага.— Труды Туркм. геогр. об-ва, 1958, вып. 1.
Лавров А. П. Систематический список почв Туркменской ССР. Ашхабад, 1959.
Лавроненко О. С., Савельев П. М., Саркисов М. М. Использование стока Каракумского канала им. В. И. Ленина (1969—1971 гг.). Ашхабад, «Туркменистан», 1973.
Лещинский Г. Т., Сапаров Б. К расчету влияния водной растительности на испарение с водоемов Туркмении.— Проблемы освоения пустынь, 1969, № 3.
Линчевский И. А. Растительность Западного Копетдага.— В кн.: Растительные ресурсы Туркменской ССР, т. 1. Л., Изд-во Акад. с.-х. наук, 1935.
Лисицына Г. Н. Древнейшие оросительные каналы на территории Туркмении.— Гидротехника и мелиорация, 1964, № 9.
Лобова Е. В. Почвы Юго-Западной Туркмении.— В кн.: Почвы Туркменской ССР и их использование. М., Изд-во АН СССР, 1953.
Лобова Е. В. Почвы пустынной зоны СССР. М., Изд-во АН СССР, 1960.
Мальцев Л. М. Гидрогеологические и инженерно-геологические условия низовьев рек и Атрек.— Труды Ин-та геол. АН ТССР, 1962, т. 4.
Мальцев Л. М., Ниязов О. Влияние Каракумского канала на режим грунтовых вод и на гидролого-мелиоративные условия дельты реки Теджен.— Тезисы докл. на Научно-техническом совещании по вопросам повышения эффективности комплексного использования земельно-водных ресурсов в зоне Каракумского канала им. В. И. Ленина. Ашхабад, 1967.
Массон В. М. Древнеземледельческая культура Маргианы. М.— Л., Изд-во АН СССР, 1959.
Массон В. М. Древнее орошение на Мисрианской равнине.— В кн.: Земли древнего орошения и перспективы их с.-х. использования. М., «Наука», 1969.
Мелиорация земель в СССР. Под ред. Б. Г. Штепы. М., «Колос», 1975.
Микроклимат СССР. Под ред. И. А. Гольцберг. Л., Гидрометеоиздат, 1967.
Милькис М. Р. К эволюции представлений о подземном стоке с Центрального Копет-Дага в связи с проблемой водоснабжения.— В кн.: Гидрология и инженерная геология (Материалы Юбилейной науч.-техн. конференции геол. службы ТССР). Ашхабад, 1969.
Мильштейн Д. М., Непесов Р. Д., Рустанович Д. Н., Смирнов Л. Н. Сейсмическое районирование территории Туркменской ССР.— В кн.: Вопросы региональной сейсмичности Средней Азии. Фрунзе, «Илим», 1964.
Минаева Е. Н. Испарение с солончаков.— Тезисы докл. совещания «Влияние меж-

бассейнового перераспределения речного стока на природные условия Европейской территории и Срединного региона СССР». М., 1975. Ротапринт.

Минашина Н. Г. Окультуренные и опустыненные почвы Мургабского оазиса.— В кн.: *Минашина Н. Г., Молодцов В. А.* Оазисное почвообразование и перспектива интенсификации орошаемого земледелия. М., «Наука», 1965.

Минашина Н. Г. Изменение почвенного покрова в связи с исторической динамикой использования земель древнего орошения (по материалам Мургабского оазиса).— В кн.: Земли древнего орошения и перспективы их с.-х. использования. М., «Наука», 1969.

Молодцов В. А. Ирригационные наносы оазисов долины Зеравшана и дельты Мургаба.— В кн.: Влияние орошения на почвы оазисов Средней Азии. М., Изд-во АН СССР, 1963.

Мурадов С. Мелиоративное состояние орошаемых земель Мургабского оазиса и мероприятия по их улучшению.— В кн.: Орошаемое земледелие и освоение пустынь. 1-я республиканская конференция молодых ученых Туркменистана. Ашхабад, «Туркменистан», 1967.

Мурзаев Э. М. Схема физико-географического районирования Средней Азии.— Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1953, № 6.

Неводчикова Л. Б. Дельтовые равнины.— В кн.: Геология СССР, т. 22. Туркменская ССР. М., «Недра», 1972.

Никитин В. В. Сорная растительность Туркмении. Ашхабад, Изд-во АН ТССР, 1957.

Никитин С. А. Древесная и кустарниковая растительность пустынь СССР. М., «Наука», 1966.

Николаев А. А., Борисенко А. А. Четвертичная система. Бадхыз, Карабиль и прилегающая к ним часть Юго-Восточных Каракумов.— В кн.: Геология СССР, т. 22. Туркменская ССР. М., «Недра», 1972.

Ниязов О. Режим грунтовых вод в зоне Каракумского канала.— Изв. АН ТССР. Сер. физ.-техн., хим. и геол. наук, 1965а, № 2.

Ниязов О. Характеристика режима грунтовых вод зоны влияния Каракумского канала в дельте Мургаба.— Изв. АН ТССР. Сер. биол., наук, 1965б, № 2.

Ниязов О. Прогноз и управление уровнем грунтовых вод в зоне влияния Каракумского канала на отрезке от Аму-Дарьи до Мургаба.— Проблемы освоения пустынь, 1967, № 3.

Ниязов О. О режиме грунтовых вод в зоне первой очереди Каракумского канала.— Гидрогеология и инженерная геология аридной зоны СССР, вып. 11. Ташкент, «ФАН», 1970.

Новикова Н. М. Фреатофиты Сахаро-Гобийской пустынной области и их роль в водном балансе аридных территорий. Автореф. канд. дис. М., 1972.

Нургельдыев О. Н. Экология млекопитающих равнинной Туркмении. Ашхабад, «Ылым», 1969.

Орловский Н. С. Испарение с водной поверхности малых водоемов Туркмении. Ашхабад, «Ылым», 1971.

Орловский Н. С. Агроклиматические условия произрастания хлопчатника в зоне Каракумского канала имени В. И. Ленина. Ашхабад, «Ылым», 1975.

Палецкая Л. Н. Почвенный очерк центральной части Юго-Восточных Каракумов.— Труды Ин-та биол. АН ТССР. Сер. ботан., 1954, т. 1.

Панфилов Д. В. Животный мир равнин.— В кн.: Средняя Азия. М., «Наука», 1962.

Панфилов Д. В. Территориально-биоценотические комплексы животного населения Юго-Западного Туркменистана и прогноз их антропогенных изменений.— Проблемы освоения пустынь, 1972, № 4.

Петров М. П. Подвижные пески пустынь СССР и борьба с ними. М., Географгиз, 1950.

Петров М. П. О закреплении песков при строительстве Каракумского канала.— Изв. АН ТССР, 1954, № 4.

Роговская Н. В. Принцип гидрогеолого-мелиоративной оценки массивов орошения (на примере дельты р. Мургаб).— Труды ВСЕГИНГЕО, 1959. Вопросы гидрогеологии и инженерной геологии, сб. 16.

Роговская Н. В., Морозов А. Т. Статистический и гидродинамический анализ влияния орошения на грунтовые воды (закономерности формирования грунтовых вод дельты р. Мургаб). М., «Недра», 1964.

Руководство по градиентным наблюдениям и определению составляющих теплового баланса. Л., Гидрометеоиздат, 1964.

Санин С. А. Агрохимические и химические свойства такыров и такыровидных почв Мургабского оазиса. Ашхабад, «Ылым», 1971.

Сапаров Б. К. Некоторые вопросы геологии и гидрогеологии зоны первой очереди Каракумского канала в связи с расчетом фильтрационных потерь.— Учен. зап. Туркм. ун-та, 1963, вып. 24.

Сапаров Б. К. К методике определения фильтрационных потерь воды из каналов.— Экспресс-информация. Сер. 7, 1969, вып. 4.

Сапаров Б. К. Испарение с поверхности воды и зарослей на водоемах в условиях песчаной пустыни Юго-Восточных Каракумов.— В кн.: Мелиоративные исследования в Туркменистане. Ашхабад, «Ылым», 1970.

Сапаров Б. К. Динамика фульрационных потерь воды из Каракумского канала им. В. И. Ленина.— В кн.: Вопросы орошаемого земледелия Туркменистана. Ашхабад, «Ылым», 1971.

Сапаров Б. К., Минаева Е. Н. Испарение с тростниковых зарослей на Келифских озерах.— Хлопководство, 1965, № 11.

Сапаров Б. К., Новицкий В. А., Бакашев Н. А Прогнозирование потерь воды по первой очереди Каракумского канала им. В. И. Ленина.— В кн.: Мелиоратив-

ные исследования в Туркменистане. Ашхабад, «Ылым», 1970.
Сапожникова С. А. О климате оазисов в условиях Средней Азии.— Метеорология и гидрология, 1952, № 3.
Саркисов М. М. Опыт проектирования, строительства, эксплуатации и экономическая эффективность Каракумского канала имени В. И. Ленина в Туркменской ССР. Ашхабад, «Туркменистан», 1976.
Сарыев Д. О русловых процессах на Каракумском канале.— Изв. АН ТССР. Сер. физ.-техн., хим. и геол. наук, 1963, № 6.
Сарыев Д. Каракумский канал (гидравлика и русло). Ашхабад, «Ылым», 1971.
Селянинов Г. Т. Перспективы развития субтропического хозяйства СССР в связи с природными условиями (агроклиматическая характеристика). Л., Гидрометеоиздат, 1961.
Смирнов Л. Н., Вальбе С. П., Давыдов А. Н. и др. Неогеновая система. Бадхыз, Карабиль и Юго-Восточные Каракумы.— В кн.: Геология СССР, т. 22. Туркменская ССР. М., «Недра», 1972.
Средняя Азия (Природные условия и естественные ресурсы СССР). М., «Наука», 1968.
Ставицкий Б. Я. Между Памиром и Каспием (Средняя Азия в древности). М., «Наука», 1966.
Стебаев И. В., Титлянова А. А., Мордкович В. Г. и др. Животное население и узловая морфофункциональная структура биогеоценозов горнокотловинных степей юга Сибири.— Зоол. журн., 1968, т. 47, вып. 11.
Файнберг Ф. Ф. Прогноз изменения гидрогеолого-мелиоративной обстановки в зоне IV очереди Каракумского канала (земли нового орошения на участке Геок-Тепе — Казанджик).— В кн.: Мелиорация почв Средней Азии, Казахстана и Зап. Сибири в связи с переброской части стока сибирских рек в южные районы страны. (Материалы Всесоюз. совещания). Пущино, 1973.
Федоров П. В. Стратиграфия четвертичных отложений и история развития Каспийского моря. М., Изд-во АН СССР, 1957 (Труды Геол. ин-та АН СССР, вып. 10).
Федорович Б. А. Геоморфология равнинных областей.— В кн.: Геология СССР, т. 22. Туркменская ССР, ч. 1. Геол. описание. М., Госгеолтехиздат, 1957.
Фрейкин З. Г., Батыров А., Атаев А. Основные проблемы хозяйственного развития Юго-Западного Туркменистана.— Проблемы освоения пустынь, 1972, № 4.
Херст Г. Нил. Общее описание реки и использование ее вод. Пер. с англ. М., ИЛ, 1954.
Ходжаев Ч. Об усилении процессов дефляции на Каракумском канале.— Проблемы освоения пустынь, 1968, № 2.
Челпанова О. М. Средняя Азия. Л., Гидрометеоиздат, 1963.
Шапиро А. И. Гидрогеологические условия и вопросы формирования подземных вод предгорной равнины Копетдага.— Труды II Узбек. гидрогеол. совещания. Ташкент, 1959.
Шевченко Н. Г. Складчатая область Большого Балхана и Куба-Дага.— В кн.: Гидрогеология СССР, т. 38. Туркменская ССР. М., «Недра», 1972.
Шмидт К., Дорандт Ф. Б. Гидрографические исследования на Аму-Дарье. СПб., 1878 (Труды Аму-Дарьинской экспедиции, вып. 4).
Шульц В. Л. Гидрография Средней Азии. Краткий очерк. Ташкент, Изд-во САГУ, 1958 (Труды САГУ. Нов. сер., вып. 129. Геогр. науки, кн. 13).
Ягдыев Н. Типы черных саксаульников центральной части Юго-Восточных Каракумов.— Изв. АН ТССР, 1958, № 3.
Vageler P., Alten F. Böden des Gash und Nil.— Zeitschrift fur Pflanzenernärung, Dungung, Bodenkunde, 1932, Bd. 23, H. 3/4.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 5

Народнохозяйственное значение Каракумского канала им. В. И. Ленина и история его строительства. *К. Ф. Ефремов* 9

Общая характеристика канала. *Б. Т. Кирста, Б. С. Сапаров* 20

Основные компоненты природной среды 36

Геологическое строение и рельеф. *М. К. Граве* 36

Подземные воды. *М. К. Граве* 45

Основные черты климата и климатические ресурсы. *К. В. Кувшинова, Н. С. Орловский* 46

Почвы. *В. П. Костюченко, А. П. Лавров, С. А. Санин* 63

Основные типы биокомплексов. *В. В. Барыкина, Д. В. Панфилов* . . 76

Природно-мелиоративные районы зоны канала 83

Принципы природно-мелиоративного районирования. *М. К. Граве, Б. А. Корнилов, Н. Т. Кузнецов* 83

Юго-Восточные Каракумы 84

Характеристика геологического строения, рельефа и подземных вод. *Н. М. Богданова, М. К. Граве* 85

Природные комплексы. *Н. М. Богданова, Л. М. Граве, М. К. Граве, В. И. Костюковский, В. П. Костюченко* 90

Природно-мелиоративные районы. *Н. М. Богданова, Л. М. Граве, М. К. Граве, В. И. Костюковский, В. П. Костюченко* 98

Субаэральные дельты Мургаба и Теджена 104

Дельта Мургаба. *Б. А. Корнилов, В. А. Тимошкина, Г. М. Топалов* . 104

История земледельческого освоения 105

Характеристика геологического строения, рельефа и подземных вод 106

Природные комплексы 114

Природно-мелиоративные районы 114

Дельта Теджена. *Б. А. Корнилов, В. А. Тимошкина, Г. М. Топалов* . 123

История земледельческого освоения 123

Характеристика геологического строения, рельефа и подземных вод 124

Природные комплексы 128

Природно-мелиоративные районы 129

Северная подгорная равнина Копетдага. *Б. А. Корнилов, В. А. Тимошкина, Ф. Ф. Файнберг* 134

История земледельческого освоения 134

Характеристика геологического строения, рельефа и подземных вод 135

Природные комплексы 143

Природно-мелиоративные районы 144

Равнины Юго-Западной Туркмении. *Б. А. Корнилов, В. А. Тимошкина* 148

История земледельческого освоения 148

Характеристика геологического строения, рельефа и подземных вод 150

Природные комплексы 154

Природно-мелиоративные районы 157

Западная Туркмения. *Б. А. Корнилов, В. А. Тимошкина* 168

Характеристика геологического строения, рельефа и подземных вод 168

Природные комплексы 169

Природно-мелиоративные районы 169

Изменения компонентов природной среды и некоторых процессов в зоне влияния Каракумского канала 171
Современные тенденции в изменении естественных биокомплексов и их возможные последствия. *В. В. Барыкина, Д. В. Панфилов* 171
Изменение площадей водной поверхности и развитие влаголюбивой растительности. *Н. М. Богданова, В. И. Костюковский* 174
Расходование фильтрационных вод канала. *Е. Н. Минаева* 180
Динамика грунтовых вод и возможность формирования пресных линз. *М. К. Граве* 188
Характеристика эоловых песков и изменения эолового рельефа. *А. Г. Бабаев* 195
Вещественный состав взвешенных наносов канала и его изменения. *И. А. Клюканова, Н. М. Кузнецов, С. А. Санин* 206
Некоторые особенности формирования микроклимата. *К. В. Кувшинова* 214

Заключение. *С. Ю. Геллер, Н. Т. Кузнецов* 222

Литература 226

КАРАКУМСКИЙ КАНАЛ И ИЗМЕНЕНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ В ЗОНЕ ЕГО ВЛИЯНИЯ

Утверждено к печати Институтом географии АН СССР

Редактор издательства Л. П. Ладычук
Художественный редактор И. К. Капралова
Технический редактор А. М. Сатарова
Корректоры Г. Н. Лащ, В. С. Федечкина

ИБ № 7231

Сдано в набор 24.11.77. Подписано к печати 12.04.78.
Т-00280. Формат 70×108 1/16. Бумага № 1.
Гарнитура литературная. Печать высокая.
Усл. печ. л. 21. Уч.-изд. л. 20,5. Тираж 1100 экз. Тип. зак. 4818.
Цена 3 р. 10 к.

Издательство «Наука», 117485, Москва, В-485, Профсоюзная ул., 94а

2-я типография издательства «Наука», 121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., 10