

К.К. КАЗАКБАЕВ
Н.Р. ХАМРАЕВ
В.Г. ДИАНОВ

ПЛОТИНЫ



СРЕДНЕЙ АЗИИ

К. К. КАЗАКБАЕВ,
Н. Р. ХАМРАЕВ,
В. Г. ДИАНОВ

ПЛОТИНЫ СРЕДНЕЙ АЗИИ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «УЗБЕКИСТАН»
Ташкент — 1973

В книге рассматриваются вопросы плотностроения на примере конкретных объектов (основных среднеазиатских гидроузлов). Описаны природные условия и сделана систематизация гидроузлов по типам плотин, даны основные положения расчета и конструирования. Анализируются отдельные ошибки, допущенные при строительстве гидроузлов.

Рассмотрено возведение каменнонабросных плотин способом направленного взрыва. Дается анализ состояния естественных каменных завалов на горных реках и освещены вопросы осветления воды на горных реках с небольшими расходами с помощью фильтрующих плотин.

Книга рассчитана на инженеров-гидротехников, работающих в области проектирования, строительства и эксплуатации плотинных гидроузлов.

*Спецредактор кандидат технических наук
доцент К. АДЫЛОВ*

3—2—11 095
К—М351(06)73 13—73

© Издательство «Узбекистан», 1973 г.

ВВЕДЕНИЕ

В решениях XXIV съезда КПСС уделяется большое внимание разработке проблем водообеспеченности огромных географических территорий. Одной из таких территорий является Средняя Азия, простирающаяся от Каспийского моря на западе до Сарыкольского и Кокшаал-Тауского хребтов на востоке, от хребтов Гиндукуша на юге до Тургайских ворот на севере. В пределах рассматриваемого региона находятся бассейны рек Амударьи, Сырдарьи, Чу, Таласа, Сарысу и ряда мелких бессточных рек.

Средняя Азия и Казахстан представляют собой весьма ценную, с точки зрения агроэкономики, часть СССР. Эта территория является одним из основных районов орошаемого земледелия, благоприятным для произрастания многих теплолюбивых культур, в том числе хлопчатника, риса, винограда, плодовых, цитрусовых, сахарной свеклы и др.

Рассматриваемая территория представляет собой, в основном, обширную слаборасчлененную равнину, широкими уступами спускающуюся с востока на запад к Каспийскому и Аральскому морям. Горы занимают около 20% всей площади.

Средняя Азия относится к зоне очень слабой естественной увлажненности. На большей части территории испарение превышает поступление влаги. Годовые осадки в равнинных частях часто не достигают 200 мм и выпадают преимущественно зимой, что делает возможным земледелие только в условиях искусственного орошения, за исключением небольшой горной части, полубеспеченной осадками.

Огромные территории пустынь Кызылкумов, Каракумов, плато Устьюрт и Бетпакдала используются только как естественные пастбища с ярко выраженной сезонностью. Орошение засушливых земель, помимо развития земледелия, садоводства и виноградарства, поможет созданию надежной кормовой базы животноводства, что также является одной из важных хозяйственных задач.

Наличие полезных ископаемых в данном районе (черные и цветные металлы, нефть, газ, каменный уголь, сера, мирабилит и т. д.) является основой дальнейшего развития всех видов индустрии как добывающей, так и перерабатывающей.

Однако развитие промышленности возможно только при достаточном водообеспечении.

Несмотря на относительно небольшой сток, реки Средней Азии, особенно в горной части, имеют большие уклоны и обладают весомыми гидроэнергоресурсами.

Таким образом, водное хозяйство должно способствовать решению целого ряда индустриально-аграрных задач.

По современной изученности поверхностные водные ресурсы рассматриваемого района могут быть охарактеризованы следующими цифрами:

Бассейн р. Амударьи	— 79,1 км ³ /год
Бассейн р. Сырдарьи	— 35,6 км ³ /год
Бассейн р. Чу	— 3,8 км ³ /год
Бассейн рек Таласа и Асса	— 2,1 км ³ /год
Бассейн оз. Иссыккуль	— 3,3 км ³ /год
Бассейн рек Северного Приаралья	— 1,1 км ³ /год

Формирование стока рек Средней Азии сосредоточено в горных районах. Равнинные участки характеризуются ничтожным количеством осадков и большой фильтрацией и испарением, а также разбором воды на орошение и обводнение земель, поэтому они становятся областью рассеивания стока.

Жидкий сток рек Средней Азии формируется с помощью: а) таяния сезонных снегов; б) таяния вечных снегов и ледников; в) дождей и ливней; г) выклинивания грунтовых вод.

В наиболее крупные реки (Амударью, Сырдарью, Зарафшан, Чирчик и др.) вода поступает всеми перечисленными способами, однако, основная роль в их питании принадлежит снеготаянию в горах.

В среднем для всех рек таяние снега дает питание на 50—60 %, ледников — 15 %, дождевое питание составляет — 10—20 %, грунтовые воды около 10—20 % годового стока.

Ледниковый сток концентрируется в июле — августе и частично в сентябре. Снеговой паводок проходит в марте — июле, когда реками выносятся от 60 до 80 % годового стока.

Кроме сезонной неравномерности стока рек наблюдается чередование рядов маловодных и многоводных лет.

Сток самых крупных рек Средней Азии (Амударьи и Сырдарьи) в настоящее время используется для орошения следующим образом: первой — на 25 %, второй — на 80 % для года средней обеспеченности. Сток большинства рек Туркмении (Атрек, Теджен, Мургаб), а также рек Зарафшан, Кашкадарьи и особенно небольших речек Ферганской долины (Акбура, Ара-

ван, Исфайрам, Шахимардан, Сох, Исфара и др.) почти полностью разбирается на орошение; небольшой сброс наблюдается только в период прохождения особо многоводных паводков, причем сбросные расходы, как правило, не доходят до главной реки, теряясь в разливах и озерах (например р. Зарафшан) или распределяясь по каналам хвостовых систем (реки Мургаб и Теджен).

Водоносность всех указанных рек по году средней водообеспеченности является недостаточной для нужд народного хозяйства, поэтому вопросы повышения водообеспеченности водозабора на этих реках стоят остро.

Перераспределение стока рек в соответствии с потребностью сельского хозяйства и промышленности возможно только путем устройства ряда водохранилищ, обеспечивающих многолетнее регулирование стока.

С этой целью на территории Средней Азии и Южного Казахстана построено и намечается к строительству ряд крупных плотинных гидроузлов.

Перечень основных плотинных гидроузлов, создающих водохранилища, с основными параметрами емкостей приводится в табл. 1.

Принятые XXIV съездом КПСС Директивы по девятому пятилетнему плану развития народного хозяйства поставили ближайшие конкретные задачи перед гидростроителями Средней Азии.

Гидротехническое строительство в Узбекской ССР определяется крупными задачами по вводу новых орошаемых земель в Каршинской и Голодной степях, Сурхан-Шерабадской долине и Каракалпакской АССР. Наиболее крупными объектами плотностроения в составе водохозяйственного строительства являются Чарвакская ГЭС, Тюямуянский гидроузел и Андижанское водохранилище.

В Казахстане будет завершено строительство Капчагайской ГЭС и селезащитной плотины на р. Малая Алмаатинка.

На р. Нарыне в Киргизской ССР будет продолжено строительство Токтогульской ГЭС. Сооружение этой плотины связано с необходимостью решения весьма сложных технических проблем, обусловленных высокой сейсмичностью района и неблагоприятными геологическими условиями.

В девятой пятилетке намечается начать строительство следующей ступени в каскаде Нарынских гидроэлектростанций — Курупсайской ГЭС мощностью 500 тыс. квт.

Уже введены в действие первые агрегаты Нурекской ГЭС — мощнейшей гидроэлектростанции в Средней Азии, имеющей самую большую в мире каменно-земляную плотину высотой 310 м.

Большие гидротехнические работы по орошению пахотных земель и обводнению должны быть выполнены в Таджикской, Туркменской и Киргизской ССР.

Таблица 1

Основные параметры плотинных гидроузлов

Наименование водотока	Наименование водохранилища	Тип регулирования	Емкость, млрд. м ³		Ввод в эксплуатацию
			Полная	Полезная	
1	2	3	4	5	6
Бассейн р. Амударья					
р. Вахш	Нурекское	сезонное	10,5	4,5	строится
	Головной гидроузел	—	—	—	1963 г.
	Рогунское	многолет.	11,8	8,6	проект.
р. Пяндж	Байпазинское	—	0,22	0,2	1968 г.
	Рушанское	сезонное	5,5	4,1	проект.
	Даштиджумское	»	17,6	10,2	»
р. Амударья	Верхнеамударьинское	многолет.	15,2	11,4	проект.
	Сазанакское	сезонное	5,6	4,0	»
	Тюямуюнское	»	7,3	5,1	строится
р. Кафир-ниган	Кызылаякское	—	0,08	0,03	
	Рамитанское	многолет.	3,5	2,57	проект.
	Богджегдинское	сезонное	0,78	0,58	»
Система Каршинского магистрального канала	Талимарджанское	»	1,27	1,1	»
	Шорсайское	»	2,0	1,59	»
Система Аму-Бухарского канала	Куюмазарское	сезонное	1,5	—	1955 г.
Система Каракумского канала	Зинтское	сезонное	5,0	3,0	проект.
	Хаузханское	»	1,6	1,5	»
	Копетдагское	»	0,55	0,52	»
	Данатинское	»	0,45	0,4	»
Бассейн р. Сырдарья					
р. Нарын	Токтогульское	многолет.	19,5	14,0	строится
	Курупсайское	—	—	—	проект.
р. Сырдарья	Учкурганский гидроузел	—	—	—	1963 г.
	Кайраккумское	сезонное	4,16	2,6	1956 г.
	Фархадский гидроузел	—	—	—	1948 г.
р. Чирчик	Чардаринское	многолет.	5,7	4,7	1964 г.
	Чарвакское	многолет.	2,0	1,6	строится
р. Ангрен	Ахангаранское	сезонное	0,326	0,309	строится
	Тюябугузское	сезонное	0,250	0,224	1962 г.
р. Карадарья	Андижанское	многолет.	1,75		строится
р. Акбура	Папанское	многолет.	0,26	0,24	
р. Сох	Сохское	многолет.	0,3	0,26	проект.
р. Касансай	Касансайское	многолет.	0,535	0,525	проект.
р. Санзар	Джизакское	сезонное	0,09	0,088	реконстр. 1967 г.
р. Кувасай	Киркиданское	многолет.	0,218	0,215	1964 г.

Широкую программу гидротехнического строительства, намеченную Директивами XXIV съезда КПСС, необходимо осуществлять исходя из требования максимального повышения эффективности капиталовложений. Это должно быть обеспечено за счет широкого использования новейших достижений научно-технического прогресса, повышения уровня проектирования, организации строительства и технологии производства работ при всестороннем использовании передового производственного опыта строительства у нас и за рубежом.

Гидротехнической науке предстоит в кратчайший срок решить новые сложные проблемы, возникшие в связи с качественными изменениями в природных условиях строительства и параметрах гидроузлов.

В частности, должны быть доведены до возможности практического использования научные исследования, связанные с сооружением высоких бетонных плотин и плотин из местных материалов в горных районах при высокой сейсмичности.

Дальнейшее развитие должны получить методы искусственного улучшения оснований гидротехнических сооружений, направленные на придание им необходимых технических характеристик и позволяющие больше использовать свойства скальных оснований, вовлекая их в работу сооружения.

Для решения задач, поставленных партией перед гидростроителями, при проектировании необходимо проявлять больше творческой инициативы, отойти от ряда традиционных, но недостаточно эффективных конструктивных решений, более тщательно и глубоко изучать природные условия строительства и исключать ошибки в определении технических характеристик оснований, в оценке внешних факторов, воздействующих на сооружение.

Экономическая эффективность и долговечность водохранилищных гидроузлов во многом зависят от рационального типа плотины.

Принимая во внимание широкий размах, разносторонность плотиностроения в Средней Азии и, в связи с этим, накопленный опыт строительства и проектирования, в настоящей работе авторы дали систематизацию плотинных гидроузлов, обобщив их конструкцию и расчет, акцентировав внимание на некоторых особенностях каждого сооружения.

* * *

Значительный вклад в гидротехническую науку внесли М. М. Гришин, Н. Н. Маслов, В. С. Эристов, Н. П. Розанов, С. Т. Алтуни, К. Ф. Артамонов и другие ученые.

В 1964 г. была издана монография С. Т. Алтунина «Водозаборные узлы и водохранилища», в которой описывались

среднеазиатские плотинные гидроузлы, рассмотрены вопросы заиления водохранилищ и размывов нижних бьефов.

В настоящей работе руслоформирующие процессы, нашедшие широкое освещение в вышеуказанном труде, не рассматриваются, авторы подробно осветили вопросы конструирования и расчета плотин, как основных элементов гидроузлов в свете современных представлений и технических решений.

Введение, гл. I, § 1, 4 (а), 5 (а, б); гл. II, § 1 (а) написаны доктором технических наук, профессором К. К. Казакбаевым.

Гл. I, § 2 (г, д, ж, з, и), гл. II, § 1 (д), § 2 (а, б), гл. II, § 4 написаны кандидатом технических наук Н. Р. Хамраевым.

Гл. I, § 2 (а, б, в, е, к), 3, 4 (б, в, г), 5 (в); гл. II, § 1, 2, гл. III, § 1, 2, 3, 5 написаны кандидатом технических наук В. Г. Диановым.

Авторы благодарны инженерам Р. В. Диановой и В. В. Есипович, оказавшим большую помощь в подборе материалов для книги.

ПЛОТИНЫ ИЗ МЕСТНЫХ МАТЕРИАЛОВ. КАМЕННО-НАБРОСНЫЕ И КАМЕННО-ЗЕМЛЯНЫЕ ПЛОТИНЫ

§ 1. КОНСТРУКЦИЯ И РАСЧЕТ

Одним из экономичных видов плотин, в особенности в условиях сложной доставки стройматериалов, является сооружение плотин из местных материалов. Условия обеспечения устойчивости их при минимальном объеме кладки обуславливают использование каменной наброски в качестве тела плотины в сочетании с различными противофильтрационными конструкциями. По стоимости каменно-набросные плотины успешно конкурируют с ажурными типами бетонных плотин. Положительной чертой таких плотин является возможность поэтапного возведения и последующего наращивания.

Плотины из каменных материалов могут быть каменно-набросными и каменно-земляными.

Каменно-набросной плотиной следует называть плотину, выполненную из камня, отсыпанного пионерно ярусами под откос, созданную путем естественного обрушения скального откоса или обрушения его путем взрыва.

Каменно-земляной плотиной следует называть плотину, выполненную из наброски камня в сочетании с гравелисто-галечниковыми грунтами.

Каменно-набросные и каменно-земляные плотины состоят из следующих элементов:

а) упорного массива в плотинах с экраном и боковых призм в плотинах с ядром;

б) противофильтрационных частей плотины, обеспечивающих ее водонепроницаемость.

Упорный массив и боковые призмы сопротивляются сдвигающим силам, действующим на плотину, а ее водонепроницаемость достигается:

а) экраном на верховом откосе или в пределах верхового клина;

б) ядром, расположенным центрально по оси плотины, или со слабым наклоном в сторону верховой упорной призмы.

Для экранов или ядер, как правило, используются глинистые карьерные грунты.

Плотины с центральным ядром по условиям сопряжения с основанием могут иметь излом в профиле, а для развития градиента напора по контакту ядро-основание может быть уширенным по подошве.

В плотинах с экраном упорный массив полностью участвует в сопротивлении сдвигающим силам, а в плотинах с ядром — только низовая призма.

В условиях значительной сейсмичности наибольшие опасения вызывает водонепроницаемая часть, выполняемая из глинистых грунтов. Поэтому при строительстве в сейсмически активных районах предпочтение следует отдавать плотинам с ядром. Кроме того, плотина с ядром обеспечивает лучшее сопряжение с крутыми береговыми склонами.

Каждый из элементов профиля плотины определяется на основе расчетов, внося в них коррективы по опыту эксплуатации построенных сооружений в соответствии с высотой, типом и геологическими условиями створа плотины.

Крутизна откосов профиля каменно-набросных и каменно-земляных плотин принимается, как правило, равной углу естественного откоса камня, отсыпаемого в наброску. Величина этого угла зависит от размеров отдельных камней, степени однородности и тщательности уплотнения наброски. В среднем угол естественного откоса наброски составляет 37° — 38° , чему соответствует заложение откоса 1:1,3. Через 20—30 м по высоте откоса устраиваются бермы, с помощью которых откосу придается общее заложение, обусловленное статистическим расчетом.

При расчетах устойчивости откосов применяются методы, основанные на условии равновесия элементарных отсеков или откоса в целом.

Среди многочисленных методов расчета устойчивости откосов наиболее употребительны следующие:

- а) метод круглоцилиндрических поверхностей скольжения;
- б) метод сдвигаемых блоков, в котором боковые призмы рассматриваются как подпорные стенки, удерживающие ядро плотины;
- в) метод плоских ломанных поверхностей.

Возможны как аналитические, так и графические решения, которые подробно рассматриваются в специальной литературе.

Первый метод применяется практически во всех расчетных случаях, второй — в тех случаях, когда можно предполагать, что ядро будет оказывать заметное давление на боковые призмы. Третий метод используется в случае, если откос сложен из материалов с различными свойствами, или в основании плотины лежит тонкий слой слабого грунта.

В некоторых случаях может оказаться целесообразным рас-

чет по всем трем методам. Определяющим будет случай с минимальным коэффициентом запаса.

Расчет устойчивости откосов по плоским ломанным поверхностям сдвига рекомендуется производить по методу горизонтальных проекций (Маслова-Берера).

При строительстве плотин в сейсмических районах, что имеет место на всей территории Средней Азии, необходимо проверять устойчивость откосов с учетом сейсмических воздействий. До этого времени наибольшее распространение при расчете устойчивости при сейсмике имеют статические методы. Однако природе более соответствуют динамические методы расчета устойчивости.

Для обоснования размеров противofильтрационных элементов плотин из местных материалов производятся фofильтрационные расчеты. Если такие плотины строятся на нескальном основании, то для обоснования дренажных мероприятий и глубин береговых врезок они дополняются фofильтрационными расчетами толщи основания плотины.

Фofильтрационные расчеты устанавливают условия движения фofильтрационных вод в грунтовом экране или ядре каменно-земляных плотин, в толще основания и в обход плотины в берегах, позволяют обосновать рациональные формы и размеры противofильтрационных конструкций, а также дренажных устройств.

В расчетах плотины на фofильтрацию подлежат определению следующие параметры фofильтрационного потока в теле, основании и бортах:

- а) положение кривой депрессии в теле плотины и бортах;
- б) фofильтрационный расход через тело плотины, в толще основания и бортах;
- в) градиенты фofильтрационного потока в местах выхода в дренаж в нижнем бьефе и в местах контакта грунтов с разными его характеристиками.

Расчеты фofильтрации выполняются по методам, изложенным в специальной литературе, или на основании исследований по методу ЭГДА.

Расчеты устойчивости основания, экрана или ядра при действии на них фofильтрационного потока следует выполнять:

- а) для грунтов основания, находящихся в зоне восходящего фofильтрационного потока за подошвой низового откоса и не защищенных фильтром дренажа или пригрузкой;
- б) для отдельных контактов грунтов основания и тела плотины с различными характеристиками.

Фofильтрационную устойчивость грунтов основания следует проверять для следующих случаев:

- а) при несущих грунтах — на выпор по условию

$$J_{\text{вых}} \leq J_{\text{доп}}$$

б) при суффозионных грунтах — на условие суффозии

$$J_{\text{вых}} \leq J_{\text{доп}}^c,$$

где $J_{\text{вых}}$ — значение наибольшего выходного градиента;

$J_{\text{доп}}^b$ — допустимый выходной градиент;

$J_{\text{доп}}^c$ — допустимый градиент по условиям суффозии.

Фильтрационную устойчивость грунтов основания и тела плотины следует проверять:

а) на контактный выпор для грунтов в восходящем потоке;

б) на контактный размыв при фильтрационном потоке, идущем вдоль контакта;

в) на вымывание в нисходящем потоке, если имеется опасность вымывания грунта из ядра или экрана в фильтры.

Фильтрационную устойчивость грунтов основания, ядра и экрана плотины следует проверять с учетом подбора фильтров или переходных зон.

Обратные фильтры или переходные зоны в каменно-земляных и набросных плотинах являются одними из основных частей сооружения, от правильности подбора и выполнения которых зависят фильтрационно-суффозионная прочность грунтового экрана или ядра и устойчивость плотины.

Обратные фильтры представляют собой отдельные слои разнотернистых грунтов, сопрягающие связные защищаемые грунты (глинистые) экрана или ядра от возможности их механической суффозии в более крупнотернистые грунты.

В отличие от многослойных обратных фильтров переходные зоны состоят из разнотернистых грунтов в виде одного достаточно мощного слоя.

Для обратных фильтров используются промытые и отсортированные песчано-гравелистые и галечниковые грунты или щебень.

Для переходных зон могут быть использованы карьерные грунты требуемого естественного состава или после обогащения их с добавлением недостающих или удалением избыточных фракций. В целях упрощения производства работ и удешевления стоимости строительства плотины, необходимо во всех случаях рассмотреть возможность использования материала карьеров, имеющихся в районе строительства для выполнения переходных зон.

Для устройства обратных фильтров должны применяться лишь несвязные естественные или искусственно приготовленные материалы из твердых каменных пород, не содержащих водорастворимых солей.

Естественные или искусственно получаемые пески должны состоять из твердых и плотных пород: полевого шпата, кварца или их смеси. Гравий, галечник и щебенистые грунты должны быть из твердых, плотных, морозостойких пород, не поддающихся

ся выветриванию и выщелачиванию. Предел прочности каменных пород при сжатии для устройства обратных фильтров должен быть не менее 300 кг/см^2 . При испытании на морозостойкость они должны выдерживать не менее 50 циклов замораживания и оттаивания при температуре $\pm 17^\circ$, при этом потеря в весе не должна превышать 5%.

Обратные фильтры должны удовлетворять следующим требованиям:

1. Водопроницаемость обратного фильтра должна быть во много раз больше водопроницаемости (суглинистого) экрана или ядра.

2. Гранулометрический состав обратного фильтра должен быть подобран так, чтобы:

а) обеспечивалась непротекательность скелета защищаемого грунта в верхний слой фильтра и нижнего слоя фильтра в каменную наброску;

б) недопускалось отслаивание связного грунта в зоне контакта с крупнозернистым материалом фильтра (суффозионная прочность при продольной контактной фильтрации).

При контактной фильтрации и ожидаемых гидродинамических условиях вынос мелких суффозионных частиц размером d_{cl} (сводообразующие) должен быть меньше действующего диаметра частиц фильтра (D_{10});

в) удовлетворялось условие кольматируемости и залечиваемости трещин в экране или ядре плотины;

г) соблюдалось условие неразмываемости по контакту;

д) обеспечивалась некольматируемость фильтра мелкими частицами, выносимыми фильтрационным потоком из защищаемого грунта. При этом частицы грунта, вынос которых не вызывает существенных деформаций защищаемого грунта и является допустимым, должны уноситься через фильтр вместе с фильтрационным потоком.

Значительный практический интерес представляют реологические свойства глинистых противофильтрационных конструкций (экранов и ядер) и вопросы их устойчивости на сдвиг.

Увлажненные глинистые грунты способны уплотняться под нагрузкой во времени.

Консолидация глинистых грунтов под их собственным весом и нагрузкой идет медленно и требует для своего завершения длительных сроков, измеряемых многими годами и даже десятилетиями. При этом условии минимальные значения сопротивляемости сдвигу глинистых грунтов $S_{пр}$ отвечают их природному состоянию плотности-влажности $W_{пр}$, а максимальные S_p — состоянию плотности-влажности, W_p эквивалентных нагрузке.

Использование в расчетах по оценке прочности и общей устойчивости земляных сооружений максимальных значений сопротивляемости сдвигу S_p во многих случаях может оказаться неоправданным и вызвать нежелательные, даже катастрофические

последствия. Вместе с тем, использование в этих целях начальной (природной) сопротивляемости сдвигу $S_{пр}$ может нередко повести к экономическим неоправданным решениям. В этих условиях возникает вопрос о сопротивляемости глинистых грунтов сдвигу S_T на тот или иной период времени T , протекший с момента приложения к грунту уплотняющей нагрузки.

В зависимости от тех или иных условий величина S_T может быть установлена двумя принципиально отличными друг от друга методами с учетом:

а) возникающего в грунте при приложении к нему нагрузки так называемого порового давления U_T ;

б) достигнутой при уплотнении грунта под этой нагрузкой его плотности-влажности W_T .

Теория порового давления, основоположником которой является К. Терцаги, исходит из положения, что при приложении к полностью водонасыщенному грунту ($G = 1$) нагрузки P_0 она в начальный момент времени воспринимается водой, заключенной в порах грунта, т. е. $U_0 = P_0$, что ведет к появлению в ней того или иного давления.

Очевидно, что при этом на скелет грунта нагрузка совсем не передается. В этом случае $P_{ск} = P_0 - U_0 = 0$.

В этот период начинается уплотнение грунта, сопровождаемое оттоком части воды из пор под напором, определяемым величиной порового давления. В дальнейшем, по мере оттока воды и уплотнения грунта, поровое давление постепенно уменьшается до нуля ($U_T = 0$) в момент достижения грунтом плотности-влажности, эквивалентной нагрузке. Приложенная к грунту нагрузка будет полностью восприниматься его скелетом и процесс консолидации завершится.

Сопротивляемость грунта сдвигу на момент приложения нагрузки при $U_0 = P_0$ остается без изменения. При завершении процесса уплотнения грунта, что отвечает положению $U_T = 0$, сопротивляемость грунта сдвигу будет соответствовать своему конечному значению, эквивалентному нагрузке P_0 . В соответствии с приведенными исходными положениями теории порового давления, сопротивляемость глинистого грунта сдвигу в неконсолидированном состоянии на момент времени $T(S_T)$ после приложения к грунту нагрузки может быть принципиально установлена по выражению

$$S_T = (P_0 - U_T) \operatorname{tg} \varphi' + C',$$

где φ' — угол внутреннего трения и C' — сцепление грунта, определенные способом открытого сдвига в состоянии эквивалентной плотности-влажности W_p , отвечающие полному уплотнению грунта под заданной нагрузкой.

U_T — поровое давление, возникшее в воде, заполняющей поры в грунте и воспринимающей в той или иной степени нагрузку, приложенную к грунту (на момент времени T).

Таким образом, в соответствии с теорией порового давления, присущие грунту угол внутреннего трения ϕ' и общее сцепление C' остаются в процессе уплотнения постоянными и соответствующими состоянию полного уплотнения грунта под заданной нагрузкой.

При этом условии изменение сопротивляемости грунта сдвигу в процессе его уплотнения от значения S_0 до величины S_1

Бахчевые также весьма перспективны, особенно арбузы, которые дают весьма сахаристые, сочные и вкусные плоды, пожалуй, более высокого вкусового качества, чем в Узбекистане и Туркмении. Хорошо идет при поливе и тыква. Дыни по качеству значительно уступают средне-азиатским.

Из группы бобовых необходимо отметить нут, чину и сою. Последняя показала чрезвычайно большую приспособляемость к местным условиям. Она хорошо переносит выдувание и неплохо — засыпание. В отношении устойчивости и выносливости к резкой смене температур она далеко превосходит вигну и фасоль.

Из группы кормовых несомненно перспективны: сорго, негритянское просо (*Pennisetum*), люцерна. Удача опытов с одним предпосевным поливом позволяет рассчитывать на успех люцерны и на богаре.

Опыты на богаре хотя и погибли в 1933 г. от саранчи, но результаты первой половины вегетации указывают, что и для богары несомненно найдется целый ряд хозяйственно себя оправдывающих культур. Из них прежде всего надо отметить просо и сорго, ультра-скороспелые сорта ячменя и пшеницы, подсолнечник, чину, нут, арбузы, люцерну.

Осенние работы 1933 года

Осенью 1933 г. в 3 км от города был заложен новый богарный участок в открытой супесчаной белопольной степи. Одновременно начались переговоры с трестом „Каучуконос“ о приобретении у него построек и участка хондриллового питомника,¹ расположенного в песчаной долине среди разбитых бугристых песков (чиевник). Расстояние между этими участками 2 км.

На первом из этих участков — легко-супесчаной злаково-белопольной степи с пресными грунтовыми водами на глуб. 3 м, осенью же (8 ноября) были произведены посевы подсолнечника с таким расчетом, чтобы всходы появились только весной.

Механический состав почвы богарного белопольного участка

(по Сабанину, в % к воздушно-сухой почве)
Анал. А. А. Крючков.

Глубина в см	Размер фракций мм			
	1—0,5	0,5—0,05	0,05—0,01	< 0,01
0— 3	6,45	84,79	4,34	4,42
7— 10	3,75	83,56	4,45	8,24
10— 20	3,86	75,88	3,89	16,37
20— 30	3,26	67,70	4,29	24,85
40— 50	2,10	74,05	5,56	18,29
90—100	2,50	86,28	1,61	9,58
200	2,64	92,33	1,07	3,96

¹ В 1930 г. в Челкарском р-не трестом „Каучуконос“ был организован промхоз, который должен был заняться культурой хондриллы и эксплуатацией естественных ее зарослей. Начатые крупные работы успехом не увенчались и каучукпромхоз вместе с опытной станцией были закрыты. Остался только каучукзавод, который и ныне перерабатывает естественные наплывы хондриллы.

Идея опыта — яровизировать семена в естественных условиях и вместе с тем дать возможность растению максимально использовать влагу ранне-весеннего периода, так как именно влага является у нас решающим фактором. Нашими исследованиями было установлено, что в верхних горизонтах почвы к августу—сентябрю влажность упала почти до пределов их максимальной гигроскопичности, а в самом верхнем слое (0—5 см) уже в июне почва дошла до воздушно-сухого состояния и держалась так до самого ноября месяца. Следовательно, использование растениями весенней влаги должно быть максимальным. В пределах засушливых областей этот вопрос представляет весьма большой интерес для растениеводства. Что же касается выбора культур, то в данном случае особого внимания заслуживают те из них, всходы которых достаточно устойчивы к весенним заморозкам.

В соответствии с этим для опыта был составлен довольно обширный список культур, но вследствие болезни и отъезда сотрудника, опыт ограничился только подсолнечником и для сопоставления с ним — сорго¹.

Но главное внимание, очевидно, надо обратить на культуры, имеющие сами по себе короткий вегетационный период, укладывающийся в срок оптимального увлажнения почвы весенне-летнего периода. Не исключена возмож-



Рис. 9. Подсолнечник, посеянный под зиму (ноябрь 1933 г.).
Урожай 10 ц на 1 га. Богарный участок.
Фот. авт. VIII. 1934.

ность, что сюда могут войти некоторые культуры и не засухоустойчивые в нашем обычном понимании.

Из однолетних культур с длинным вегетационным периодом интерес на богаре могут представлять, повидимому, только лишь весьма засухоустойчивые, гл. обр., типа сорго и просовидных. А их большой для этих условий вегетационный период надо заставить сократить путем яровизации и химической стимуляции.

Что же касается многолетних культур, то к ним должны быть предъявлены большие требования не только в отношении засухоустойчивости и зимостойкости, имея в виду малоснежные, суровые зимы с 45-градусными морозами, но также и мощности корневой системы (типа люцерны), которая была бы способной пройти уплотненный горизонт и черпать влагу из нижележащих постоянно влажных горизонтов.

¹ Осенний посев сорго всходов не дал ни на одной делянке, тогда как весенний посев мая 1934 г. дал на всех делянках хорошие урожаи. Что же касается подсолнечника, то здесь обратное явление. Осенний посев по всем элементам урожая оказался значительно лучшим, чем весенний, а сокращение в вегетационном периоде произошло, в зависимости от сортов, на 10—20 дней. Необходимо только иметь в виду, что такой посев под зиму может быть применен здесь лишь к культурам, выносящим глубокую заделку семян (не меньше 10—7 см), в противном случае они рискуют быть вынесенными ветром.

Конечно, на основании работ одного года трудно делать определенные выводы. Опыты эти необходимо продолжить, одновременно расширив и ассортимент культур.

Эти предварительные выводы и послужили нам основой для подбора ассортимента культур на 1934 год и размещения их в наиболее характерных для района условиях.

Результаты работ первого года привлекли к себе большое внимание местных организаций, общественности и печати. Особенно живо реагировало местное население, когда на с.-х. выставке, посвященной XIII годовщине Казакстана, оно впервые увидело все разнообразие представленных плодов, выращенных, как говорят жители, в „гиблом“ Челкаре. Посетители выставки были поражены. Об этом свидетельствуют многие десятки записей.

И было чрезвычайно трогательно, когда на следующий день после выставки, пионеры принесли зарисовки впервые виденных ими плодов и обратились к нам с просьбой снабдить их семенами и научить как выращивать такие плоды. Весной Станция их просьбу выполнила. Они имели отличные арбузы, дыни, помидоры и прочие овощи, выращенные ими самими на своем огороде.

Работы Станции в 1931 году

Бюджет, кадры и тематика

К концу 1933 г. штат Станции достиг всего лишь 7 единиц: научных сотрудников — 3, научно-технических — 1, административно-хозяйственных — 1, обслуживающих — 2. Материальная база состояла из купленного на месте дома



Рис. 10. Главная усадьба Приаральской станции. Дом, в котором находятся лаборатория, музей и библиотека.
Фот. авт. 1933.

со служебными постройками (сарай), мелкого с.-х. инвентаря и 1 коровы. Лабораторного оборудования хотя и было приобретено довольно значительное количество, но, за отсутствием помещения, освоить его не удалось (за исключением оборудования для изучения влажности почвы).

Бюджет 1933 г. выразился в сумме 52 933 руб.¹

С наступлением 1934 г. и принятием Станции на госбюджет СССР, ассигнования увеличились до 177 тыс. руб. Штатных единиц стало 19, из них: научных — 6, научно-технических — 6, административно-хозяйственных — 3, обслуживающих — 4; кроме того, временно работали по заданию Институты: научных — 2 и технических — 1.

¹ Из них поступило: от Актюбинского Облисполкома 50 тыс. руб., от ВПР'а 1166 руб. и выручено от реализации овощей 1827 руб.

В 1934 году поступило: на зарплату 68,1 тыс. руб., операционных 32 тыс. руб. административно-хозяйственных 6 тыс. руб., на оборудование 10 тыс. руб. и капитальное строительство 20 тыс. руб.; по местному бюджету 35,7 тыс. руб.; выручено от реализации овощей и проч. 5,2 тыс. руб. Таким образом, ассигнования на второй год возросли на 340%. Сразу же окрепла и материальная база Станции. Если в 1933 г. Станция не могла приобрести даже своего верблюда, то в 1934 г. она имела уже 2 верблюда, 3 лошади и 2 коровы. Приобретен необходимый для полевых работ с.-х. инвентарь.

Отделана и оборудована агро-химическая лаборатория, уже проделавшая за вторую половину лета многочисленные анализы почв и грунтовых вод (руковод. А. А. Крючков). Заканчиваются оборудованием: семяохранилище, музей, библиотека и красный уголок.

Летом работали две столовых: в городе и на участке в песках. Больше половины сотрудников живут в станционных домах, которых всего семь: два из них заняты лабораторией, конторой и столовой, а остальные — под квартиры.

Кроме двух участков прошлого года открыт еще один — в „чиевнике“, с прилегающими к нему зеленополюнной степью и разбитыми бугристыми песками. Здесь имеется дом и 3 сарая, приобретенные весной 1934 г. у каучукового завода.

Площадь участков с 2,5 га увеличилась до 9 га (орошаемый белополюнник 2,7 га, богарный белополюнник 2,25 га, полуполивной чиевник с зеленополюнником 3,0 га и бугристые пески 1 га).

Таким образом, с 1934 г. в объекты изучения вошли все основные типы песков Больших Барсуков (и Приаралья в целом). Если работы 1933 г. можно назвать лишь разведкой, ориентировавшей только в подборе культур, то начиная с 1934 г. Станция приступила уже к планомерным работам по изучению и освоению песчаных территорий Приаралья.

Намеченная на ближайшие 3—4 года программа работ состоит из пяти тем, распределенных между тремя секциями.

Секция сортоизучения

1. *Испытание и сортоизучение главнейших с.-х. культур* (руководитель темы Е. А. Малюгин; выполняют: научные сотрудники — А. М. Воронина и Н. И. Лобаев, старшие техники — Т. Т. Скоблионок, Г. И. Майковский и техник А. С. Андреева).

Цель этой темы — пропустить через испытание из мировых ресурсов главнейшие группы с.-х. растений, преимущественно пищевые и кормовые, изучить их на месте и отобрать наиболее ценные и продуктивные для возделывания в Приаралье. Тема эта уже в ближайшие 2—3 года даст возможность наметить не только основные группы культур, но в пределах их и сортовой состав.

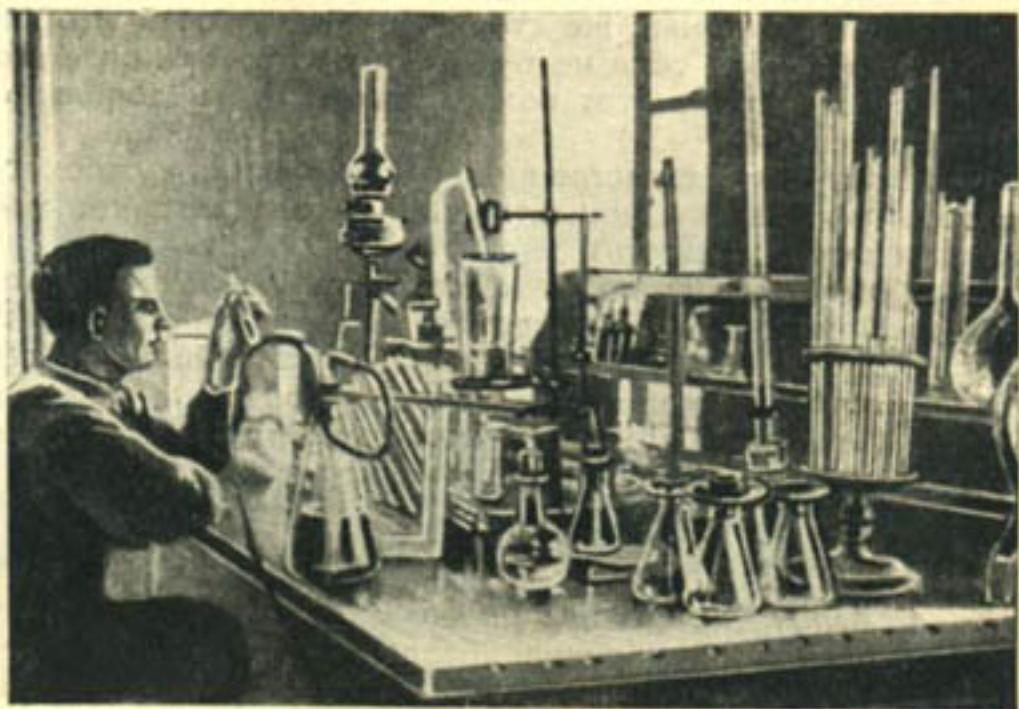


Рис. 11. Уголок агрохимической лаборатории.
Фот. авт. 1934.

2. *Новые культуры и способы их возделывания в Приаралье* (руководитель темы научн. сотр. отдела Новых культур ВИРа М. А. Федоров, исполнители — он же и вр. техн. П. Г. Дегтярева). Является как бы подтемой к темам 1-й и 4-й. Главное внимание уделяется новым пищевым и кормовым культурам.

Секция кормовая

3. *Естественные кормовые угодья Приаралья, их характеристика и способы увеличения кормовых ресурсов* (руководитель темы старший научный сотрудник Бюро пустынь М. С. Коликов; выполняют: научный сотрудник П. Н. Ананьев и химик-аналитик М. В. Алпатьева).

Увеличение поголовья скота неразрывно связано с вопросом кормообеспеченности. Песчаные же степи Приаралья хотя и обширны, но производительность их в 4—6 ц сена не будет удовлетворять развивающегося хозяйства и уже в ближайшее время этот вопрос может стать довольно остро. Тема имеет следующие разделы:

а) Изучение естественной растительности сенокосов и пастбищ; динамика ее развития, запасы, качественная характеристика (химический состав, поедаемость и переваримость).

б) Методика полевых исследований сенокосов и пастбищ.

в) Нормы выпаса и пастбищеоборот на различных типах песков.

г) Воспособление естественной растительности сенокосных и пастбищных угодий, путем подсева более ценных кормовых растений.

д) Подбор из мирового ассортимента и введение в культуру наиболее продуктивных и высоко-качественных кормовых растений.

Секция агротехники и мелиорации

4. *Агротехника богарного и орошаемого земледелия в условиях Приаральской пустыни* (руководитель темы Е. А. Малюгин; выполняют: научные сотрудники Н. И. Лобаев, А. М. Воронина, химик-аналитик А. А. Крючков и лаборант Н. Я. Котелевский). Назначение темы — дать основные приемы обработки почвы и возделывания с.-х. культур в условиях северной пустыни. Здесь должны быть совершенно заново разработаны даже такие вопросы, как сроки и нормы посева, не говоря уже о нормах и сроках полива, удобрениях, севообороте и снегозадержании. Население, впервые приступившее к возделыванию с.-х. культур в массовом масштабе, допускает, как указано выше, ряд грубейших ошибок, в результате чего урожай, вот уже в течение ряда лет, не только не покрывает производимых затрат, но зачастую не возвращает и посеянных семян¹. А это обстоятельство угрожает опасностью не только идее потребительского земледелия, но и всему вопросу оседания в целом.

5. *Песчаные территории Приаралья, способы их мелиорации и пути с.-х. освоения* (руководитель темы Е. А. Малюгин; выполняют: научный сотрудник Института Агрофизики Н. Г. Захаров, химик-аналитик А. А. Крючков и лаборант Н. Я. Котелевский). Тема имеет два раздела: естественно-исторический — изучение природы песков и экспериментальный — активное воздействие на пески, их мелиорация. По первому разделу предусматривается изучение водного и солевого режима песков, сводка литературных данных и рефераты по пескам², по второму разделу — мелиоративные мероприятия. Из последних проводятся: а) гидро-мелиорация — каптаж грунтовых вод и выведение их на поверхность в целях обводнения и орошения; б) физико-химические мелиорации — различные смеси и растворы, цементирующие песок и прекращающие его движение;

¹ Только в 1934 г. благодаря большому количеству осадков, выпавших в июле, население получило приличный урожай, да и то не всюду, а лишь в аулах, хорошо обработавших посевную площадь.

² В настоящее время референтом Станции М. В. Бер закончен перевод большой работы А. Ш е в а л ь е — «Растительные ресурсы Сахары».

в) фито-мелиорации — укрепление песков с помощью растительности;
г) механические защиты — устройство различного рода щитов и изгородей, защищающих от ветра культурные площади.

С этой программой и приступила Станция к работам на 3 участках во второй год своего существования — 1934 году.

Орошаемый участок супесчаной белопольной степи

Как и в прошлом году, на орошаемом участке сосредоточено, главным образом, сортоиспытание овощных и бахчевых культур. Кроме того, ведется



Рис. 12. Столовый арбуз „Мурашка Богаевский“. Урожай 275 ц на 1 га. Орошаемый участок. Фот. авт. 1934.

изучение коллекций бобовых, новых пищевых культур — чужбы, земляничного и мексиканского томатов — а также кормовых трав, главным образом, люцерны.

Всего на участке испытанию подвергнуто:

Г р у п п ы	Число культур	Число сортов
Овощные	15	137
Бахчевые	4	39
Зерновые бобовые .	7	228
Зерновые пропашные (сорго, кукуруза) .	2	111
Масличные	2	12
Технические	1	8
Кормовые (люцерна) .	1	30
Новые культуры . . .	25	76
Итого .	57	641

Все культуры, по которым были получены хорошие результаты в 1933 г., оправдали себя и в 1934 г. Хорошие результаты дали арбузы, тыквы, томаты, лук, свекла, морковь и некоторые бобовые — чина, нут и соя. Некоторые экземпляры тыквы „Кит“ доходили весом до 36 кг, арбузы „Кли-клей“ до 17 кг.

В переводе на гектар¹ получен следующий урожай в центнерах:

¹ Без учета дорог и арыков, занимающих в хоз-ве 15 — 12% площади

Бахчевые (данные Н. И. Лобаева)

Арбузы — 10 поливов

1. Ажиновский	457 ц.
2. Неаполитанский	369 .
3. Мурашка Богаевский	338 .
4. Любимец х. Пятигорска	288 .
5. Белосемячко	252 .

Дыни — 10 поливов

1. Кой-баш	256 ц
2. Царица дынь	140 .
3. Красавица Востока	112 .
4. Ич-кызыл	97 .
5. Бухарка	89 .

Тыквы — 11 поливов

1. Мозолеевская	243 ц
2. Этampская	271 .
3. Кит (кормов.)	353 .

Овощные (данные Т. Т. Скоблионок)

Томаты — 11 поливов

1. Пьеретта	250 ц (общий вес)
2. Датский экспорт	196 .
3. Алиса Рузвельт	224 .
4. Спаркс Эрлиана	212 .
5. Джон Бер	213 .
6. Буденновка	200 .
7. Чудо рынка	192 .

Капуста белокочанная — 16 поливов

1. Номер первый	122 ц чистых кочнов
2. Амагер на средн. кочерыжке	93 .
3. Белорусская	118 .
4. Брауншвейгская	87 .
5. Ликуришка	82 .

Морковь — 9 поливов

1. Летняя любимица	382 ц
2. Грэлло	347 .
3. Нантская	283 .

Свекла столовая — 11 поливов

1. Кросби	215 ц
2. Египетская	212 .
3. Бордо	170 .
4. Эрфуртская длин.	157 .

Картофель — 4 полива

1. Кореневский	322 ц
2. Эйгенхеймер	320 .
3. Смысловский	283 .
4. Ди-Вернон	260 .
5. Ранняя роза	211 .

Лук репчатый — 12 поливов

1. Каба желтый	102 ц
2. Золотой шар	90 .
3. Вергуновский	79 .



Рис. 13. Чуфа. Урожай 112 ц на 1 га. Орошаемый участок. Фот. авт. 1934.

Кормовые травы (данные Н. И. Лобаева)

Люцерна (в ц возд. сухой массы на 1 га). Посев 1933 г.

	Орошаемый		Богарный	
	Однолетн.	Двухлетн.	Однолетн.	Двухлетн.
1. Чимбайская № 2581	28	77	—	—
2. Хивинская № 1917	17	69	5	15
3. Чарджуйская № 1698	22	71	3	14
4. Гримм № 3191	19	102	—	—
5. Байрам-Алийская	—	—	4	11
6. Венгерская	13	вымерзла	3	11

Примечание: На орошаемых делянках было в 1933 г. 2 укоса, в 1934 г.—4; на богарных в 33 г.—1 укос, 34 г.—2.



Рис. 14. Дыня „Красавица Востока“. Урожай 112 ц на 1 га. Орошаемый участок. Фот. авт. 1934.

Новые культуры (данные М. А. Федорова)

1. Тыквы мозговые	140 ц	
2. Физалис мексиканский	119 "	
3. " земляничный	24 "	
4. " крыжовниковый	16 "	
5. Редьки японские	100 "	
6. Чуфа	102 "	
7. Пеннизетум	15 "	зерна и 200 ц возд. сухих стеблей
8. " на богаре (разнопыльщик)	90 "	"

Но несмотря на такие высокие урожаи, по сравнению с богарным участком, например, по арбузам превышение в 2 раза, а по некоторым культурам в 3—4, выпашанность почвы начинает сказываться на некоторых культурах. Удобрения здесь теперь уже необходимы почти в одинаковой мере с водой. Плососмен не разрешает вопроса, особенно же в овощном хозяйстве.

Богарный участок легко супесчаной белопольной степи

На богарном участке сконцентрированы, главным образом, зерновые культуры; испытывались и другие, а именно:

Г р у п п ы	Число культур	Число сортов
Хлебные злаки	2	96
Зерновые пропашные	2	206
Зерновые бобовые	6	35
Масличные	7	56
Бахчевые	2	6
Кормовые травы	6	26
Новые культуры	2	3

Опыты на этом участке наиболее показательны и ценны в хозяйственном отношении, как не имеющие прецедента в истории песчаного Приаралья. Некоторые культуры, как например: просо, сорго, гаолян, Pennisetum, Andropogon, арбузы, люцерна, — дали в этом году исключительные результаты.



Рис. 15. Просо „Комовое № 3“. Урожай 7,3 ц на 1 га. Богарный участок. Фот. авт. 1934.

Правда, в июле этого года выпало совершенно исключительное количество осадков (67 мм в период 20—25 числа), но и до их выпадения, на осадках в 97 мм октября—июня, получены вполне удовлетворительные урожаи скороспелых сортов проса — „Развесистое“ № 09 и „Пониклое“ № 038 а также и по ряду других культур.

Для иллюстрации можно привести некоторые данные урожая по сортоучастку в центнерах на 1 га (данные А. М. Ворониной):

Просо

1. Виктория	14,2 ц
2. Развесистое № 0215	14,1 „
3. Пониклое № 038	9,0 „
4. Комовое № 03	7,8 „
5. Развесистое № 09	6,8 „
6. Из Челкарского Райзо	5,5 „

Сорго, гаоляны

1. Сорго <i>Early White Kafir</i> США . .	9,3 ц
2. Гаолян В-Казакстанский	5,6 „
3. Манчжурский	3,4 „
4. Гаолян № 647	1,7 „

Подсолнечник

1. Местный (осен. посева)	8—12 ц
2. Из Челкарского Райзо	8,6 „
3. Зеленка № 76	7,0 „
4. Фуксина № 3	6,7 „
5. Карлик Воронежск.	3,0 „

Сафлор

1. Афганистан	7,0 ц
2. Туркестан	6,0 „
3. Палестина	4,0 „



Рис. 18. Гаолян № 647. Урожай на 1 га: зерна 1,7 ц, стеблей (возд.-сух.) 18 ц. Богарный участок. Фот. авт. 1934.



Рис. 19. Сорго *Early White Kafir* США. Урожай на 1 га зерна 9,3 ц. Богарный участок. Фот. авт. 1934.

Горчица

1. Малая Азия	1,5 ц
2. Сев. Кавказ	1,2 .
3. Н.-Волга	1,0 .

Соя

	Бог. уч.	Орош. уч. (3 пол.)
1. Выделен. Сев.-Кавк. отд. ВИРа из амурской желтой кат. ВИР № 307	5,5 ц	7,5 ц
2. Харбинск. оп. поля № 231-а Харб.	4,7 .	7,0 .
3. Кат. ВИР № 199	4,1 .	6,0 .

Чина

	Бог. уч.	Орош. уч. (3 пол.)
1. № 278 Селекцентра	1,4 ц	7,5 ц
2. № 240	1,3 .	6,0 .

Арбузы

	Бог. уч.	Орош. уч. (10 пол.)
1. Ажиновский	245 ц	457 ц
2. Мурашка Богаевский	148 .	338 .
3. Любимец х. Пятигорска	121 .	288 .
4. Белосемячко	120 .	252 .
5. Кормовой Азовский пудовик № 201 .	114 .	— .

Полуорошаемый участок в чиевнике

Чиевник представляет собой вытянутую с СВ на ЮЗ долину, шириной около $\frac{3}{4}$ км и окруженную грядами разбитых бугристых песков. Наиболее пониженные части долины сложены легко-супесчаными солонцеватыми луговыми почвами, вскипающими или с поверхности, или с глубины 10—30 см. Грунтовые воды летом 1,5 м. Растительность представлена высокими густыми зарослями чия (*Lasiagrostis splendens*).

Несколько выше — на равнине залегают более рыхлые глинисто-песчаные почвы, вскипающие с 40—80 см, занятые в целом состоянии злаково-попынной степью — „разнопопынник“ (*Agropyrum sibiricum*, *Artemisia inodora*, *A. arenaria*, *Kochia prostrata* и др.). Грунт. вода 1,5—1,8 м.

Возвышенные части сложены рыхло-песчаными почвами волнистой степи, не вскипающими или вскипающими с глубины 1,0—1,5 м. Фоновыми растениями здесь являются: *Artemisia arenaria*, *Agropyrum sibiricum*, *Euphorbia Gerardiana*, *Festuca Beckeri*. Вода всюду мягкая и пресная: жесткость 14°, сухой остаток 400 мг на литр.



Рис. 20. Полив огурцов в чиевнике из кудука при помощи пожарного насоса. Урожай около 100 ц на 1 га.
Фот. авт. 1934.

В одном из наиболее пониженных мест между четырьмя колодцами на солонцеватой легко-супесчаной почве с уровнем грун. вод 1,5 м были испытаны на площ. 0,5 га 23 культуры: томаты, капуста, огурцы, свекла, морковь, редис, лук и др. овощные, а также бахчевые культуры. Для овощных были приготовлены специальные гряды со стенками из той же почвы, переслоенной корнями чия и др. растительными остатками (в целях предотвращения от развеивания ветром). Вокруг всего участка и в середине его были высеяны полосами, для защиты от ветра, сорго и пеннизетум.

Полив из колодцев производился при помощи пожарного насоса и 25-метровой шланги с брандсбоем на конце. Прикрывая отверстие брандсбоя пальцем руки, можно, выбрасываемую на 5—7 м водяную струю, дробить до мельчайших брызг, не повреждая даже нежных молодых всходов. Нормальный радиус действия нашего насоса был 30 м. Колодец от колодца находился в 60 м. По мере выкачивания одного колодца насос перекачивался на особой тележке к другому и т. д.

На ровном повышении со связными песчаными почвами, на богаре и без защит испытывались: просо, сорго, пеннизетум, кукуруза, люцерна, а на площад-



Рис. 21. Ветрозащитные и снегонакопительные изгороди из камыша. Опытный участок. Фот. авт. 1934.

ках (20×40 м и 40×40 м), обнесенных камышевыми щитами в 1 м высотой: арбузы, бобовые, масличные. Под такой же защитой на двух площадках, общей площадью 1600 м², было высажено 12 сортов винограда. За лето виноград дважды поливался, при чем в каждую лунку вылито всего лишь по 1 ведру¹.

В сырой котловинке среди полуразбитых песков, где грунтовые воды за лето не опускаются ниже 70 см, была высеяна чуфа.

На небольшой такой же площадке в 0,25 га разбит дендрариум.

Вокруг участка, на протяжении 1250 м произведены посадки древесных пород: карагача, лоха и желтой акации.

¹ Года через 2—3 корни достигнут постоянно влажного горизонта и виноград, очевидно, в поливе нуждаться не будет; ему всегда будет необходима лишь хорошая покрывка на зиму.

Всего на участке испытывалось:

Г р у п п ы	Число культур	Число сортов
Овощные	15	40
Бахчевые	4	31
Кормовые травы	1	12
Масличные	7	43
Бобовые	6	141
Зерновые пропашные	4	28
Технические	2	13
Новые культуры	40	150
Древесные и плодовые	8	8
Виноград	1	12
Итого	88	478

Кроме того, на этом участке поставлен, совместно с Институтом Агрофизики опыт по цементации песков битумной эмульсией. Битум — продукт перегонки нефти, остатки ее. До последнего времени он не находил себе никакого применения и являлся просто отбросом. Теперь под различными марками применяется с большим успехом в дорожном деле, для чего из битума приготавливаются эмульсии. Институт Агрофизики разработал также метод приготовления эмульсии для сельскохозяйственных целей.

Приготовленная из битума эмульсия разбавляется в различных пропорциях водой и наносится (разбрызгивается)

тонким слоем на почву. После испарения воды образуется пленка, толщиной около 1,5—2 мм, на подобие бумажной мульчи. Но разница между битумной пленкой и мульчей огромная. Во первых, пленка довольно свободно пропускает сквозь себя воду, не препятствуя проникновению в почву атмосферных осадков, и, во-вторых, однажды нанесенная, она в продолжение всего лета не требует никакой подправки и ремонта.

Уже этого было бы достаточно для применения пленки в наших условиях, где легкие песчаные почвы находятся под постоянным воздействием сильных ветров и где выдувание и засекание — обычное явление природы. Но пленка, оказывается, обладает еще и другими ценными свойствами — она значительно задерживает испарение и умеряет резкие колебания температуры. Поставленные у нас опыты с просом позволяют сделать эти выводы.

Несомненно, в этом опыте есть и свои уязвимые места. Во-первых, дороговизна пленки. В переводе на га стоимость эмульсии выразилась в сумме 400 рублей. Правда эмульсия приготавливалась в полужаводской и лабораторной обстановке, так что есть полная возможность ее удешевления. Примитивна пока

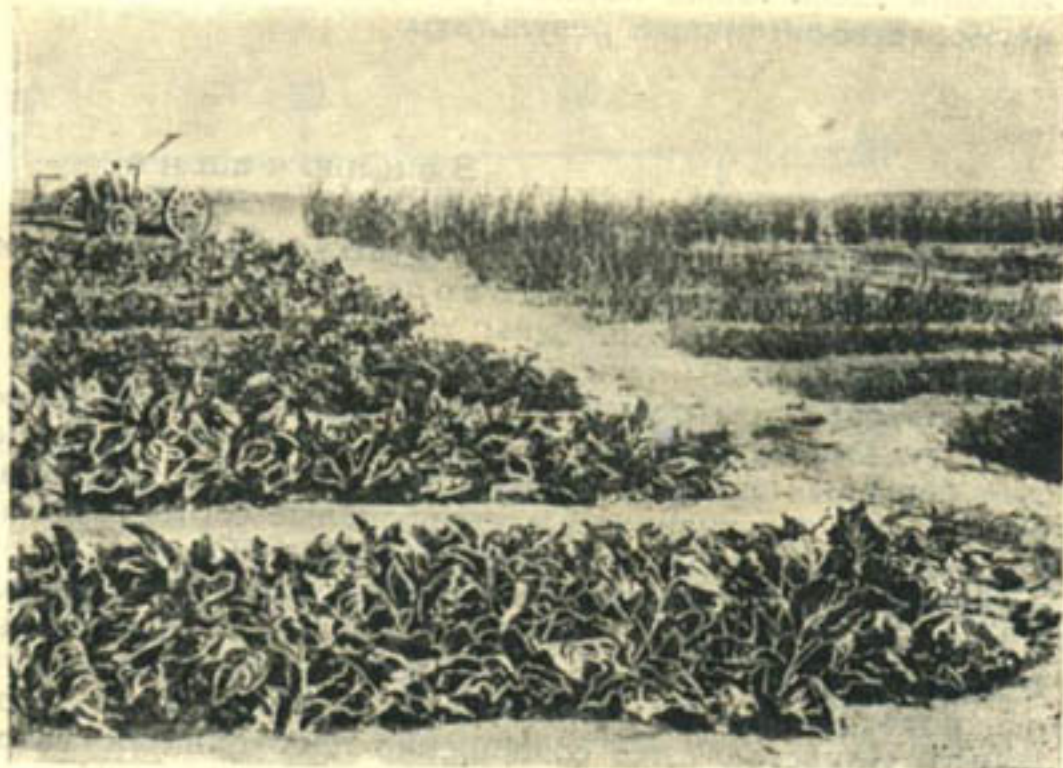


Рис. 22. Свекла столовая в чиевнике при орошении из кудука. Урожай около 200 ц на 1 га. Фот. авт. 1934.

и техника нанесения эмульсии. В опыте был применен обычный цилиндрический опрыскиватель на 3 атмосферы давления с наконечником „Сенеко“.

Опасность загрязнения почвы эмульсией, можно сказать, исключается. Если эмульсия будет наноситься таким тонким слоем (1,5—2,0 мм) и притом не ежегодно на одной и той же площади, то серьезная опасность едва ли будет существовать. Опыт этот представляет чрезвычайно большой практический и научный интерес. Его необходимо усовершенствовать и удешевить до рентабельного применения в хозяйстве. Польза его на песках слишком очевидна.

На богарном участке „разнопопыннике“ — на песчаной почве с грунтовыми водами на глубине 1,5—2 м все из перечисленных культур дали значительно худшие результаты, чем на богарном участке супесчаной белопольной степи.

Что же касается пониженной части чиевника с лугово-карбонатной глинисто-песчаной почвой, где были сосредоточены поливные овощные культуры, то там мы имеем прекрасные томаты и свеклу. Высаженные семенники свеклы тоже дали обильные и хорошего качества семена. Хороши здесь также морковь, капуста и огурцы. Одни только бобовые дали неудовлетворительные результаты.

З а к л ю ч е н и е

Таким образом, на вопрос о возможности создания в Приаральской пустыне собственной продовольственной базы на основе потребительного земледелия мы должны ответить положительно. Свой хлеб и свои овощи Приаралье иметь может.

Перспективы развития хозяйства нам представляются в следующем виде. *Супесчаные злаково-белопольные степи* будут служить основным фондом богарных земель под зерновые культуры, с главным упором на просо. Могут быть культивируемы: скороспелые сорта сорго и ячменя, а также подсолнечник, сафлор, нут, чина и арбузы. Особенно яровизация открывает широкие перспективы для этого. Для таких же культур, как просо — яровизация в наших местах является совершенно исключительным оружием в борьбе с засухой. О севообороте говорить сейчас трудно. Об удобрениях же и о подверженности легких почв развеванию ветром необходимо помнить твердо. Представляется совершенно необходимым вводить в культуру многолетних трав, предотвращающих развевание. Из них мы можем пока говорить лишь об еркеке и люцерне. Дальнейшие опыты, весьма возможно, дополнят этот ассортимент.

Эти же белопольные степи остаются и главными естественными сенокосными угодьями. Следовательно, их улучшение, увеличение в составе сена массы ценного злака еркека, тоже является проблемой весьма актуальной.

Песчаные зеленопольные степи и бугристые пески это — пастбища с регулируемым выпасом. Текущим летом кормовая секция провела изучение этих объектов.

Чиевники могут служить первыми очагами потребительского овощеводства. Здесь необходимо, прежде всего, усовершенствовать каптаж грунтовых вод и вывести их на поверхность механическими способами. Не исключена возможность применения ветровых двигателей.

Что касается участков *белопольной степи вблизи водоемов*, то ассортимент культур будет зависеть здесь, помимо почвенных условий, от наличия запасов воды. Вблизи крупных населенных пунктов при правильном орошении, несомненно, должны преобладать интенсивные овощные культуры; вдали от крупных населенных пунктов и при малой водообеспеченности (лиманное орошение) — зерновые злаки и многолетние травы, главным образом, люцерна.

Помимо общеизвестных способов накопления воды, путем устройства различного рода плотин, валов и т. п., существует еще один способ обводнения территории, который необходимо испытать и в Приаральской пустыне.

Способ этот заключается в каптаже и выведении на поверхность грунтовых вод песков. Мощность водоносных горизонтов (плывунов) превосходит здесь 15—20 м. Ряд скважин глубиной до 20 м с обсадными трубами, в которые вставляются вторые, снабженные на нижнем конце фильтрами и объединенные в общую систему, могут, при помощи насоса с небольшим двигателем, дать значительное количество воды для орошения полей. В Калифорнии специальные электросиловые установки эксплуатируют водоносные горизонты с глубин порядка 200 и более метров. Здесь же пока м. б. достаточно 20—30 м, чтобы обеспечить нужное количество воды. В Челкаре, например, в 1931 году железной дорогой сооружены 3 таких установки, подающие в депо пресную воду для паровозов из песков Больших Барсуков.

Такого рода установку с дождеванием намечено начать строительством в 1935 г. на богарном белопопынном участке Станции. Это позволит расположить богарные и орошаемые участки вместе на одной территории, чем значительно

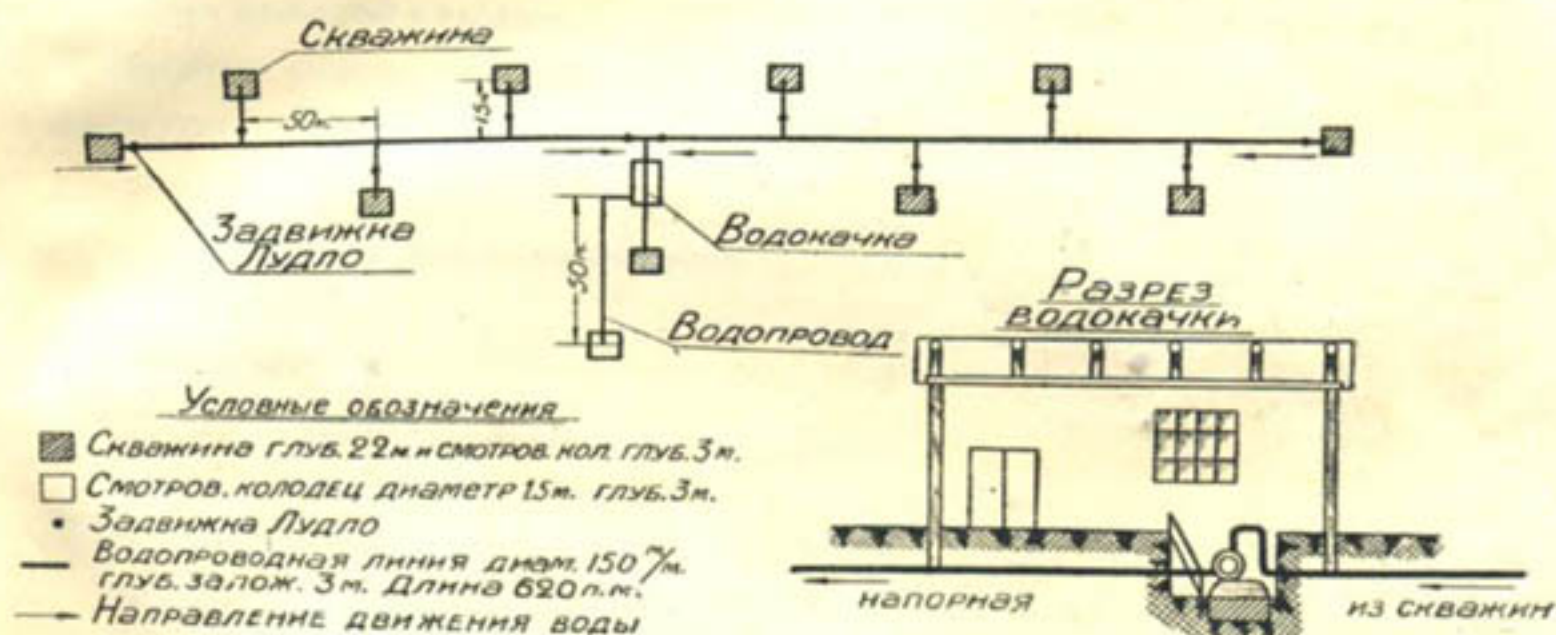


Рис. 23. Схема установки для подъема грунтовых вод.

облегчится обслуживание их. Здесь же намечается и главная усадьба Станции. Чиевник от этого участка будет находиться всего лишь на расстоянии 2 км. Стоимость установки определяется в сумме 60 тыс. руб.

Несмотря на короткий срок своего существования Приаральская станция уже завоевала себе авторитет в Актюбинской области и пользуется вниманием как со стороны государственных организаций, так и со стороны местной общественности. Для ознакомления с работами по освоению Приаральской пустыни Станцию посетили в 1934 году американские ученые д-р Вестовер и д-р Энлоу.

Коллектив сотрудников Станции принимает деятельное участие в организации хозяйства южных районов области. Значительная часть сотрудников хорошо их знает, так как является участниками бывшей песчаной экспедиции А. Г. Гаеля, исследовавшей пески СЗ и Центрального Казакстана в 1931—32 гг.

И в настоящее время Станция по договору с Актюбинским Мелиоземом проводит в поймах рр. Иргиза и Тургая почвенно-ботанические и гидрологические исследования земельных территорий, подлежащих орошению.¹

В Челкарском районе Станция консультирует точки оседания и проводимые там мелиоративные работы. В самом Челкаре оказывается повседневная помощь ж.-д. совхозу, на территории которого находится орошаемый участок. Ряд других пригородных хозяйств снабжен в 1934 г. семенным материалом Станции. Оказывается помощь семенным материалом и коренному населению в аулах.

Поставленную задачу—дать необходимый ассортимент пищевых и кормовых культур, вооружить серектики² всеми современными знаниями агротехники и помочь им выйти на широкий путь зажиточной колхозной жизни—коллектив Приаральской станции выполнит.

¹ Работы проводятся старшим научным сотрудником Бюро Пустынь П. Г. Стрельниковым.

² Товарищества по совместной обработке земли.