

ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ И НОРМЫ ОРОШЕНИЯ РИСА НА ОПЫТНЫХ УЧАСТКАХ РАЗЛИЧНЫХ РАЙОНОВ РИСОСЕЯНИЯ

Набиев А.Н.
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

В связи с прогнозируемым дефицитом оросительной воды необходимо, чтобы наиболее крупные в регионе ее потребители - инженерные рисовые системы - имели высокий коэффициент полезного использования воды и оптимальный режим орошения. Поэтому большое практическое значение при проектировании и эксплуатации рисовых систем имеет определение суммарного водопользования риса в различных почвенно-гидрогеологических условиях.

Расход воды на суммарное водопотребление обусловлен рядом органически взаимосвязанных физических и физиологических факторов. К основным физическим факторам относится солнечная энергия, степень ее эффективного использования, влажность воздуха и сила ветра. Почвенные, гидрогеологические условия, а также агротехнические факторы оказывают незначительное влияние на транспирацию и испарение.

Величина суммарного водопотребления риса, возделываемого в условиях затопления, различается в зависимости от физико-географических условий местности и его урожайности. И.А.Шаров [6] отмечает, что из природных условий среды термический режим орошаемого участка является преобладающим фактором, определяющим характер расхождения воды, и одним из главных, определяющих рост и развитие растений. По данным [5], в условиях Северного Кавказа и юга Украины при урожайности риса 3-5 т/га расход воды на водопотребление колеблется в пределах от 6,5 до 10 тыс. м³/га, а районах Средней Азии и низовьях Волги - 10-11 тыс. м³/га.

На основании экспериментальных наблюдений Туляковой З.Ф. [5] в период вегетации риса в северной зоне Каракалпакстана и собственных аналогичных экспериментов на мелиоративной станции «Сурдель Эль Хиборо» (Республика Куба) [3] определен гидротермический коэффициент [6] по следующей формуле:

$$W_B = T + E = \gamma \sum t,$$

где

- W_B - суммарное водопотребление, м³/га;
- T - транспирация, м³/га;
- E - испарение, м³/га;
- γ - гидротермический коэффициент, м³/га;
- $\sum t$ - сумма полезных температур за вегетационный период, °С.

По данным [5], средние значения показателей водопотребления риса, суммы температур, урожай и гидротермические коэффициенты в различных районах рисосеяния Северного Кавказа неодинаковы. Расхождение между значениями гидротермического коэффициента не превышает 5 %. Это позволяет считать, что при возделывании риса на Северном Кавказе на 1°С тепла затрачивается в среднем 3м³ воды. В северном районе Каракалпакстана в среднем расходуется 3,92 м³ воды. Расхождение в расходах воды по годам для опытного участка «Тахтакупыр» составляет более 50 %, что объясняется изменением температурного режима рисового поля. Температурные режимы за многолетние исследования колебались в пределах от 9778 до 13945⁰С (более 70%). На

опытном участке «Сурдель Эль Хиборо» при возделывании риса за период вегетации затрачивается воды в среднем $2,45 \text{ м}^3$. Разница между этими результатами и данными [5] составляет в средних пределах от $0,55$ до $1,47 \text{ м}^3$ воды на 1°C .

Значения гидротермического коэффициента по фазам развития риса неодинаковы. Так, для условий Ростовской области величина этого коэффициента в среднем за три года в фазу всходов составила - $2,62$; кущения - 3 ; трубкования - $3,46$; колошения - $3,78$; восковой спелости - $2,14$ и полной спелости - $1,5$ [5], а по нашим данным, для условий северного района Каракалпакстана его величина в фазу прорастания - $2,5$; всходов-кущения - 4 ; кущения-трубкования - $4,8$; трубкования-колошения - $4,8$; колошения-цветения - $4,1$; цветения-молочно-восковой спелости - $1,5$.

Гидротермический коэффициент на участке «Сурдель Эль Хиборо» в летний сезон 1974-1976гг. имел величину при севе и в фазу начала прорастания - $0,74$; всходов - $0,29$; кущения - $4,12$; трубкования и цветения - $1,98$; восковой спелости и полной спелости - $4,99$. Как видим, имеется связь между суммой температур за вегетацию и суммарным водопотреблением риса. Эта связь выражается следующей зависимостью [5]:

$V = 6210x - 8356,6$ ($r = 0,763$). Несколько слабее связь между суммой температур и урожаем, что видно из уравнения:

$$V = 0,028x - 339, \quad (r = 0,46).$$

Корреляционная зависимость между урожаем и суммарным водопотреблением сравнительно слабая, как следует из следующего выражения:

$$V = 50,3x + 5887; \quad (r = 0,376).$$

Для опытного участка «Тахтакупыр» получены следующие уравнения коэффициента корреляции взаимосвязи между суммарным водопотреблением риса и суммой температур за вегетацию:

$$V = 0,083x + 2,135, \quad (r = 0,605).$$

При этом связь между суммой температур и урожаем несколько слабее:

$$V = 0,3283x - 0,616, \quad (r = 0,455).$$

Аналогично для опытного участка «Сурдель Эль Хиборо»:

$$V = 6,38x - 47,202 \quad (r = 0,76),$$

$$V = 7,51 - 3,19x \quad (r = 0,27).$$

Расход воды на транспирацию риса за период вегетации незначительно отличается от расхода на испарение и для условий Ростовской области [5] составляет в среднем 51% суммарного водопотребления. В других районах Северного Кавказа величина испарения в среднемноголетнем разрезе отличается от транспирации на 10% . При этом в основном изменяется транспирация, которая в значительной степени зависит от метеорологических факторов, фаз развития растения, интенсивности роста, а также сорта риса. Для Тахтакупырского района суммарное испарение в среднем за многолетние исследования составила $20,88$, а транспирация - $24,35\%$ от оросительных норм, для опытного участка «Сурдель Эль Хиборо» в среднем за пять сезонов - $38,69 \%$ от оросительных норм.

Между тем, во всех районах рисосеяния наблюдается общая закономерность изменения величин испарения и транспирации. Расход воды на испарение в первый период развития риса значительно превышает расход на транспирацию за тот же период. Начиная с фазы выхода растений в трубку, расход воды на испарение сокращается. В период колошения и налива зерна он становится более чем в 2 раза меньше транспирации. С периода восковой спелости риса испарение с водной поверхности почти равно расходу воды на транспирацию (таблица).

Как видим из таблицы, суммарное водопотребление, испарение и транспирация во всех рисосеяющих районах неодинаковы, поэтому при проектировании и составлении планов водопользования надо учитывать почвенные и метеорологические условия данного района.

Таблица. Среднесуточный расход воды на испарение и транспирацию по фазам роста и развития риса, м³/га

Фаза роста и развития	Суммарное водопотребление	Испарение	Транспирация	Примечание
Сев и начало прорастания	52-68	43-56,5	9-11,5	[5]
Всходы-кущение	64-85	48,2-52,0	12-30,8	
Кущение-трубкование	84-93	40-41,2	44-52,8	
Трубкование-колошение и цветение	108-118	38-36	70-83	
Цветение-молочная спелость	86-103	26-40	60-68	
Молочно-восковая спелость	56-63	20-30	32-36	
Восковая-полная спелость	30-50	10-20	20-30	
Среднее	69-83	32,2-39,4	35-44,6	
Сев и начало прорастания	54,49-58,38	54,49-58,38	-	Данные автора по оп.участку «Тахтакупыр»
Всходы-кущение	68,63-160,03	50,03-97,12	18,06-62,91	
Кущение-трубкование	97,19-163,80	44,69-60,80	52,50-103,0	
Трубкование-колошение и цветение	106-152,41	39,55-53,5	66,2-98,91	
Цветение-молочная спелость	69,75-129,54	24,35-74,95	45,4-54,59	
Молочно-восковая спелость	43,75-111,86	22,5-65,27	21,25-46,59	
Восковая-полная спелость	42,4-70,72	22,9-46,94	19,50-23,78	
Среднее	68,89-120,96	36,97-65,28	37,24-64,96	
Сев и начало прорастания	49-82,8	39-69,3	10-13,5	[3], зеленый сезон, VIII-XII месяцы
Всходы-кущение	48,4-97	28,4-63,5	20-33,5	
Кущение-трубкование	48,6-87,5	22,2-38,7	26,4-48,8	
Трубкование-колошение и цветение	64,4-77,5	19-28,5	45,4-49,0	
Созревание зерна	51,5-75,3	16,5-25,8	35-49,5	
Среднее	52,38-84,02	25,02-45,16	27,36-38,86	
Сев и начало прорастания	35-36	35-36	-	[3], летний сезон, I-VII месяцы
Всходы-кущение	45-56	35-37	10-19	
Кущение-трубкование	51-68	16-21	35-47	
Трубкование-колошение и цветение	53-63	15-16	38-47	
Созревание зерна	34-53	14-15	20-38	
Среднее	43,6-55,2	23-25	25,75-37,75	
Япония				[4]
Канто	81,3	36,4	44,9	
Токай	113,4	49,3	64,1	
Кбушо	150	65,2	84,8	
Среднее	114,9	50,3	64,6	
Италия	81,3	54,2	27,1	[4]
Сантахезский опытно-мелиоративный пункт, СССР	116,3	37,3	79	[2]
Экспериментальная база КубРос, СССР	93,8-69,9	45,8-41,8	25,1-48,0	
Колхоз "Советская Россия", СССР	82,7	30,8	51,9	
Словянский совхоз, СССР	70,8	42,9	27,9	
Колхоз им. Калинина, СССР	85,5-73,7	42,4-36,4	43,1-37,3	
Колхоз им. «Горького» СССР	72,9-82,3	44,8-46,5	28,1-35,8	
Камызянский опытный пункт, СССР	55,5	34,2	21,3	
К-хоз «Заря Коммунизма», СССР	129,2-88,5	36,3-35,4	92,9-53,1	
К-хоз «40 лет животноводства»	82,3	29,2	53,1	

В связи с этим подачу воды на рисовые поля необходимо производить строго по плану с учетом коэффициента использования воды. При этом фактический объем воды, полезно используемый при выращивании риса (W_{ϕ}), будет равен:

$$W_{\phi} = W_{\pi} - W_{\text{вн.сб.}} - W_{\text{филт.}} - W_{\text{исп.}}, \text{ м}^3$$

где

- W_{π} - фактический объем воды, поданный на поле, м^3
- $W_{\text{вн.сб.}}$ - незапланированный объем потерь воды на сброс, м^3
- $W_{\text{филт.}}$ - фильтрация на поле, м^3
- $W_{\text{исп.}}$ - испарение с водной поверхности чека, м^3

В настоящее время потери воды на испарение с водной поверхности чека и на фильтрацию рассматриваются как непроизводительные и не учитываются, поскольку мы не можем полностью управлять ими. Однако в перспективе - это большой резерв экономии воды.

Таким образом, фактический объем воды, который подается на поле, может быть уменьшен за счет различных мероприятий: сокращения непроизводительных сбросов; испарения с водной поверхности; фильтрации воды с рисового чека; повышения КПД системы, что достигается переходом от открытого горизонтального дренажа к закрытому. Все это позволит снизить норму водопотребления в зависимости от почвенно-гидрогеологических и климатических условий до 20-22 тыс. $\text{м}^3/\text{га}$ вместо существующей 27,4-38,9 тыс. $\text{м}^3/\text{га}$ и более.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1979.
2. Зайцев В.Б. Рисовая оросительная система. – М.: Колос, 1975.
3. Набиев А.Н. Научно-технический отчет по изучению режима орошения риса за период 1974 по 1976 гг. на поле Р-3-В на системе Сурдель Эль Хиборо Республика Куба. Архив станции мелиоративных исследований. Питохонес. Пос. Хиборо, 1974-1976 гг.
4. Ricardo Duenas carcio, Arcadio Lopez Kodri - duez: Elementas fundamentalls del recimen de riecoen el culcivodel arraz? Centro agricola/ Rno 1 №2mano agosta de 1974/
5. Тулякова З.Ф. Рис на засоленных землях. - М.: Колос, 1978.
6. Шаров И.А. Эксплуатация гидромелиоративных систем. - М., 1952.

УДК 633.18

РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ОПЫТНОМ УЧАСТКЕ МЕЛИОРАТИВНОЙ СТАНЦИИ «СУРДЕЛЬ ЭЛЬ ХИБОРО» В РЕСПУБЛИКЕ КУБА

Набиев А.Н.
(САНИИРИ им. В.Д. Журина)

В ноябре 1973 г. я в составе группы специалистов был направлен Главзарубежстроем в Республику Куба для оказания технической помощи в организации станции мелиоративных исследований и подготовке кубинских специалистов. Станция мелиоративных исследований (СМИ), организованная в провинции Лас Вильяс на территории рисового хозяйства поселка «Сурдель Эль Хиборо», была призвана выполнять

научно-исследовательские работы (НИР) по мелиорации и гидротехнике. В программу НИР были включены следующие тематики:

1. Режим орошения риса.
2. Агротехника возделывания риса.
3. Водно-солевой режим почвы.
4. Эксплуатация рисовых систем.
5. Строительство рисовых систем по типу краснодарских систем.
6. Подготовка кубинских специалистов.

Выполнение программы НИР проводилось в 2 этапа, причем на первом этапе в связи со строительством участка мы были ознакомлены с традиционными на Кубе системами орошения риса. С начала 1974г. специалисты станции приступили к проектированию инженерной рисовой системы на площади 145 га. Проектируемый участок был выбран в центре орошаемого массива и являлся характерным для данной зоны рисосеяния. Вся территория рисового объединения площадью 46715 га (3481кабальерий) была закреплена за пятью участками - Мапос, Перельехо, Седро, Лас Нуевос и Махагуа. Запланированная рисовая система занимала 41440 га (3088 кабальерий). Источником орошения рисовых систем являлось водохранилище "Саа" емкостью 1020 млн.м³ на реке Хатибоннико дель Сур.

Климат Кубы – тропический. Осадки выпадают в мае и ноябре месяцах, в остальное время года количество их резко сокращается. На Кубе выделяются два периода времени - сухой (с ноября по апрель), в период которого выпадает около 15 % осадков, и влажный (май и октябрь), на долю которого приходится примерно 85 % осадков. Это соотношение в отдельные годы может меняться в пределах 5-10 %. Температура воздуха в районе рисового участка колебалась в пределах 23,6-25,2⁰С.

Проектирование инженерной рисовой системы было закончено в конце февраля 1975 г., затем началось строительство рисового поля. В период строительства нами был определен КПД каналов Р-3 и R-9 оросительных систем Лас Нуевос и Сурдель Эль Хиборо. Проведено обследование каналов, намечены участки исследования и наблюдательные створы с помощью нивелира осуществлены необходимые промеры. Длина исследуемых участков канала Р-3 - 3 км, канала R-9 - 1,65 км.

Определение КПД каналов проводили замерным способом использованием гидрометрической вертушки Бурцевой. Все гидрометрические створы были тарированы, и для них были определены следующие морфологические характеристики:

- площадь водного сечения, " ϖ ", м²;
- ширина по верху канала для каждого расхода, В, м;
- длина смоченного периметра канала, f , м.

Площадь водного сечения, ширина по верху канала и смоченный периметр установлены аналитическим способом. Для определения поперечного профиля сечение канала разбивали на ряд трапеций, прямоугольников и треугольников, затем определяли значение " ϖ ", "В" и "f" по известной методике

По этим характеристикам построены графики зависимостей $Q=f(H)$, $V=f(H)$ $\varpi = f(H)$, $B = f(H)$ и $f=f(H)$ Общую площадь водного сечения определили по сумме частичных площадей:

$$\varpi = \sum_i^n \varpi_i \quad (1)$$

Смоченный периметр вычислили по формуле:

$$f = \sqrt{b_1^2 + h_1^2} + \sqrt{b_2^2 + (h_2 - h_1)^2} + \dots + \sqrt{b_{n-1}^2 + (h_{n-2} - h_{n-1})^2} + \sqrt{b_n^2 + h_{n-1}^2}, \quad (2)$$

где

b - расстояние между промерными вертикалями, м;
 h - глубина вертикалей, м.

Для определения КПД каналов приняли русловой метод. В разные дни месяца замеряли расходы воды в каналах, определяли ее потери и КПД каналов. Потери воды рассчитывали по следующей зависимости:

$$Q_n = Q_B - Q_H, \quad (3)$$

где

Q_n - потери воды на рассматриваемом участке, л/с;
 Q_B - замеренный расход воды в первом створе, л/с;
 Q_H - замеренный расход воды во втором створе, л/с.

Коэффициент полезного действия канала определяли по уравнению:

$$\eta = \frac{Q_{\text{нетто}}}{Q_{\text{брутто}}} \quad (4)$$

Результаты замеров по отдельным каналам с июня по сентябрь 1975г. приводим ниже.

1. Канал Р-3. Для определения его КПД в разное время вегетации было проведено 8 замеров расхода воды в двух створах (табл.1)

Таблица 1. Результаты замеров по створам и результаты КПД

№ замера	Расход в первом створе, л/с	Расход во втором створе, л/с	Расстояние между створами, км	Потери воды на участке, л/с	КПД канала
1	880	830	3	50	0,943
2	1420	1352	3	68	0,952
3	1470	1398	3	72	0,951
4	1930	1245	3	85	0,956
5	2180	2095	3	88	0,956
6	2700	2595	3	105	0,961
7	3200	3087	3	113	0,964
8	3710	3585	3	125	0,966
Среднее	464	2099	-	88,3	0,956

Из табл.1 видно, что КПД канала Р-3 колеблется в пределах 0,943-0,966. На основании фактических величин КПД построили график КПД для канала, сравнив его с рассчитанными по формулам А.Н.Костякова [1].

Для каналов в грунтах повышенной проницаемости - легких грунтах - потери воды рассчитываются по зависимости [1]:

$$\sigma_1 = \frac{3.4}{Q^{0.50}}; \% \text{ на } 1 \text{ км}; \quad (5)$$

- для каналов в грунтах со средней проницаемостью:

$$\sigma_2 = \frac{1.90}{Q^{0.40}}; \% \text{ на } 1 \text{ км}; \quad (6)$$

- для каналов в грунтах со слабой проницаемостью:

$$\sigma_3 = \frac{0.70}{Q^{0.30}}; \% \text{ на } 1 \text{ км}; \quad (7)$$

Потери воды определяются по уравнению:

$$S = \frac{\sigma \cdot Q_3 l_p}{100}; \% \text{ на } 1 \text{ км}, \quad (8)$$

где

σ - удельные расчетные потери, % на 1 км;

Q_p, l_p - расчетный расход и длина исследуемого участка, л/сек.

Таблица 2. Результаты сопоставления данных по формуле Костякова А.Н.

Расход, л/с	Расчет по формуле Костякова А.Н.					Примечание
	Фактические потери		Расчетные потери			
	l , км	σ_{cp}	τ_1	τ_2	τ_3	
110	3,0	-	10,20	4,63	1,37	Удельные потери воды в % на 3 км длины канала Р-3
150	3,0	-	8,76	4,06	1,34	
200	3,0	-	7,60	3,62	1,14	
500	3,0	-	4,80	2,50	0,86	
880	3,0	1,89	3,62	2,00	0,73	
1420	3,0	1,60	2,85	1,65	0,63	
1470	3,0	1,63	2,82	1,63	0,63	
1930	3,0	1,42	2,44	1,46	0,58	
2180	3,0	1,34	2,30	1,39	0,56	
2700	3,0	1,30	2,06	1,28	0,52	
3000	3,0	1,18	1,90	1,19	0,49	
3710	3,0	1,12	1,76	1,13	0,48	

Таблица 3. Потери воды на участке канала Р-3 длиной 3км.

Расход, л/с	S_{cp} , л/сек	Расчетное значение потерь воды		
		τ_1	τ_2	τ_3
110	-	33,7	15,3	4,52
150	-	39,5	18,3	6,03
200	-	45,5	21,7	6,84
500	-	72,0	37,5	12,90
880	50	95,5	52,8	19,30
1420	68	122,0	70,5	26,90
1470	72	124,0	72,0	27,30
1930	85	142,0	85,0	33,30
2180	88	150,0	90,9	36,60
2700	105	167,0	103,0	42,40
3000	113	183,0	115,0	47,60
3710	125	196,0	126,0	52,70

Анализируя полученные данные, следует сказать, что необходимо производить регулярные измерения каналов первого, второго и третьего порядка по зонам инженерных систем, обобщать полученные данные и определять для каждой зоны КПД систем. Это позволит при составлении планов водопользования уточнять принятые нормы. Коэффициент полезного действия канала Р-3 приводим в табл. 4.

Таблица 4. Определение КПД канала на рассматриваемом участке длиной 3км.

Расход, л/с	S_{cp} , л/сек	Расчетное значение КПД [1]		
		τ_1	τ_2	τ_3
110	-	0,694	0,861	0,959
150	-	0,737	0,878	0,959
200	-	0,773	0,891	0,966
500	-	0,856	0,925	0,974
880	0,943	0,891	0,940	0,978
1420	0,952	0,914	0,950	0,981
1470	0,951	0,916	0,951	0,981
1930	0,956	0,926	0,956	0,982
2180	0,959	0,931	0,958	0,983
2700	0,961	0,938	0,962	0,984
3000	0,964	0,968	0,964	0,985
3710	0,966	0,947	0,966	0,985
среднее	0,957	0,874	0,934	0,976

2. Канал Р-9. Для определения КПД канала в разное время вегетации (апрель, май 1975г.) произведено 4 замера расхода воды в створах. Результаты замеров приведены в табл. 5.

Таблица 5. Результаты КПД каналов на рассматриваемом участке

№ замера	Расход в верхнем створе, л/с	Расход в нижнем створе, л/с	Расстояние между створами, км	Потери воды на участке, л/с	КПД канала
1	80	70	1,65	10	0,875
2	180	160	1,65	20	0,888
3	561	520	1,65	41	0,927
4	830	770	1,65	60	0,928
Средн.	413	380	1,65	33	0,905

Из табл. 5 видно, что КПД канала колеблется в пределах 0,875-0,928. Фактические величины потерь воды и КПД канала сопоставили с расчетными [1]. Результаты приводим в табл. 6 - 8.

Таблица 6. Удельные потери воды на участке канала длиной 1,65 км, (%)

Расход, л/с	Фактические потери		Расчетные потери, [1]?		
	l , км	τ_{cp}	τ_1	τ_2	τ_3
80	1,65	7,58	11,64	5,08	1,46
180	1,65	6,74	8,00	3,75	1,17
561	1,65	4,43	4,53	2,39	0,83
830	1,65	4,38	3,72	2,04	0,74

Таблица 7. Потери воды на участке канала длиной 1,65 км

Расход, л/с	l, км	S _{ср} , л/сек	Расчетные потери воды R-9, [1]		
			τ_1	τ_2	τ_3
80	1,65	10,00	15,36	20,60	1,93
180	1,65	20,00	23,80	23,30	3,48
561	1,65	41,00	41,90	29,30	7,71
830	1,65	60,00	51,00	33,45	10,31
Среднее	1,65	38,75	33,02	26,84	5,86

Как видно из табл.7, потери воды при разных расходах разные, поэтому при проектировании каналов следует учитывать изменения КПД, а при составлении плана водопользования учитывать полученные КПД канала. Коэффициент полезного действия канала R-9 приводим в табл. 8, откуда видно, что его КПД составляет в среднем 0,88 - 0,982, т.е. колеблется в пределах 9-10 %.

Таблица 8. Коэффициент полезного действия канала R-9

Расход, л/с	l, км	$\eta_{ср}$	КПД R-9		
			τ_1	τ_2	τ_3
80	1,65	0,875	0,808	0,743	0,975
180	1,65	0,888	0,868	0,871	0,981
561	1,65	0,927	0,925	0,947	0,986
830	1,65	0,928	0,938	0,959	0,987
Среднее	1,65	0,905	0,885	0,880	0,982

Для условий мелиоративной станции «Сурдель Эль Хиборо» можно использовать третью формулу А.Н.Костякова [1]:

$$\tau_3 = \frac{0.70}{Q^{0.30}}, \% \text{ на км}, \quad (9)$$

для определения потерь воды:

$$S = \frac{\sigma p \cdot Q p \cdot l p}{100}. \quad (10)$$

В заключение можно сказать, что потери воды по двум каналам в среднем составили 0,61 % на км длины канала.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ахмедов Х.А. Сельскохозяйственные мелиорации. – Ташкент, 1959.
2. Быков В.Д. Гидрометрия. – Л.: Гидрометеиздат, 1965.
3. Набиев А.Н. Научно-технический отчет по эксплуатации станций мелиоративных исследований Арик Станции мелиорации, Сур дель Хиборо, 1975 г.
4. Оффенгенден С.Р. Эксплуатация гидромелиоративных систем. - М.: Колос, 1972.
5. Шаров И.А. Эксплуатация гидромелиоративных систем. – М.: Гидрометеиздат, 1952.

ОСОБЕННОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ПРИФИЛЬТРОВОЙ ЗОНЕ ВОДОЗАБОРНЫХ И ДРЕНАЖНЫХ СКВАЖИН

В.Г. Насонов
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

Современные методы расчета водоприемной способности скважин основываются, как правило, на ламинарном характере движения воды в прифильтровой зоне [1,2,9]. Это представление исходит из того, что реальные скорости фильтрации, превышающие верхний предел применимости закона Дарси, встречаются в гидрогеологии редко (карстовые породы, гравийно-галечниковые отложения), а при длинных фильтрах практически невозможны даже в этих отложениях. Поэтому в большинстве методических рекомендаций бывшего Союза по опытно-фильтрационным работам [9] отсутствуют требования о необходимости оценки в процессе изысканий нелинейной фильтрации. По этой же причине широко распространенные в свое время методы определения производительности скважины в зависимости от понижения и связанные с этим методы определения параметров турбулентности в современной практике практически не применяются.

В соответствии с этим обоснование конструкций дренажных и водозаборных скважин основывается на линейном законе Дарси [1,2,9]. Вместе с тем опубликовано большое количество работ об определении верхних пределов скоростей фильтрации, в которых отмечены отклонения от линейного закона Дарси [4,6,7,8,10,11,13,15]. Исследования проводились на разных типах пористых сред (трещиноватый песчаник, тонкий песок и т.д.). Полученные значения числа Рейнольдса изменяются в пределах 0,019-14. Наименьшие значения критического числа Re получены для тонких песков, максимальные ($Re = 13-14$) - для крупной дроби. Число Re в гидравлике подземных вод определяется по уравнению:

$$Re = Vd / \nu ,$$

где V – скорость фильтрации;

ν – коэффициент динамической вязкости;

d – характерный диаметр зерен пористой среды;.

Отклонение от закона Дарси при увеличении скорости фильтрации некоторые ученые связывают с появлением турбулентности [11-13]. Однако в трубной гидравлике нарушение закона Пуазейля связано со значительно большими значениями числа Re , чем наблюдаемые в пористых средах критические числа Re . Это дает основание большинству исследователей считать, что начало отклонения от закона Дарси при увеличении скорости фильтрации связано с инерционными эффектами [14,15]. Поэтому в дальнейшем термин «турбулентность» используется нами в случае отклонения от закона Дарси при увеличении скорости фильтрации, хотя толкование этого термина, по всей видимости, неоднозначно.

Очень важным является тот факт, что, согласно экспериментальным исследованиям, наименьшие значения числа Re получены для рыхлых образцов с преобладанием фракции менее 0,1мм ($Re = 0,018-0,024$). Это означает, что отклонения от линейного закона Дарси характерны для всего диапазона рыхлых пористых сред, а не только для высокопроницаемых. Кроме того, для рыхлых плохопроницаемых сред скорости движения воды, при которых возникают отклонения от закона Дарси, значительно (на два порядка) меньше, чем для высокопроницаемых.

Из этого следует, что турбулентные явления в фильтровой зоне скважин могут возникать не только в отложениях с высокими фильтрационными свойствами (гравий, галечники), но и в прифильтровой зоне скважин, заложенных в отложениях с низкими фильтрационными свойствами, если учесть, что скорость фильтрации в прифильтровой зоне 0,1–1,0 см /сут - обычное явление.

Таким образом, существуют серьезные различия в лабораторных и теоретических представлениях о характере фильтрации в прифильтровой зоне скважин. Эти различия оказывают существенное влияние не только на цель и задачи гидрогеологических исследований, но и на выбор параметров водоприемной части скважин при проектировании, что в конечном итоге определит эффективность самого проекта.

Следует заметить, что лабораторные эксперименты представляют собой чисто теоретический интерес и не могут быть использованы непосредственно для практических задач. Очень трудно установить эффективные диаметры частиц в прифильтровой зоне, испытывающей значительное влияние не только способа бурения, но и способа освоения, которые сильно деформируют прилегающие отложения. Поэтому представляется очень важным оценить по данным откачек возможность нарушения линейного закона Дарси в прифильтровой зоне скважин и определить характеристики турбулентности для различных водоносных отложений.

Водоносные отложения и скважины, в которых проведены откачки должны соответствовать следующим требованиям:

- мощность водоносного горизонта должна быть небольшой, а литологическое строение должно быть относительно однородным, чтобы приток по длине фильтра был одинаков. Фильтр должен перекрывать водоносный горизонт, чтобы несовершенство по степени вскрытия не искажало распределение скорости по длине фильтра;
- скважины одного диаметра должны буриться одним способом, а эксплуатационная и фильтровая колонна должна быть одинакового диаметра;
- откачки должны быть кустовыми и должны проводиться на несколько понижений, а полученные результаты должны проверяться по данным длительной кустовой откачки.

Таким условиям соответствовали проводимые длительное время гидрогеологические изыскания под проекты и работы по строительству скважин вертикального дренажа (СВД) в долине Евфрата (Сирия). Первые изыскания проводились фирмой «Джерсар» (Франция) в 1976-1979гг. под проект вертикального дренажа. Однако часть СВД, построенные этой фирмой в 1984-1985гг., оказались либо маловодными, либо давали дебиты, значительно ниже проектных. Основной причиной явилось сильное отклонение фильтрации от линейного закона, значительно превысившее ее проектные оценки.

Поэтому, начиная с 1998 г., сирийской компанией GCHS проводились дополнительные гидрогеологические исследования и был составлен новый проект вертикального дренажа¹ по левобережью долины р.Евфрат. Орошаемые земли, на которых спроектирован вертикальный дренаж, располагаются на аллювиальных террасах р. Евфрат голоценового и реже верхнечетвертичного возраста. Коренное ложе долины р. Евфрат, на котором залегают аллювиальные отложения, сложено из глинисто-песчаных отложений плиоцен-миоценового возраста, которые могут рассматриваться относительно аллювия как водоупорное основание (рис.1).

¹ Автор данной работы с 1999 по 2004 г. являлся главным инженером проекта вертикального дренажа в долине Нижнего Евфрата

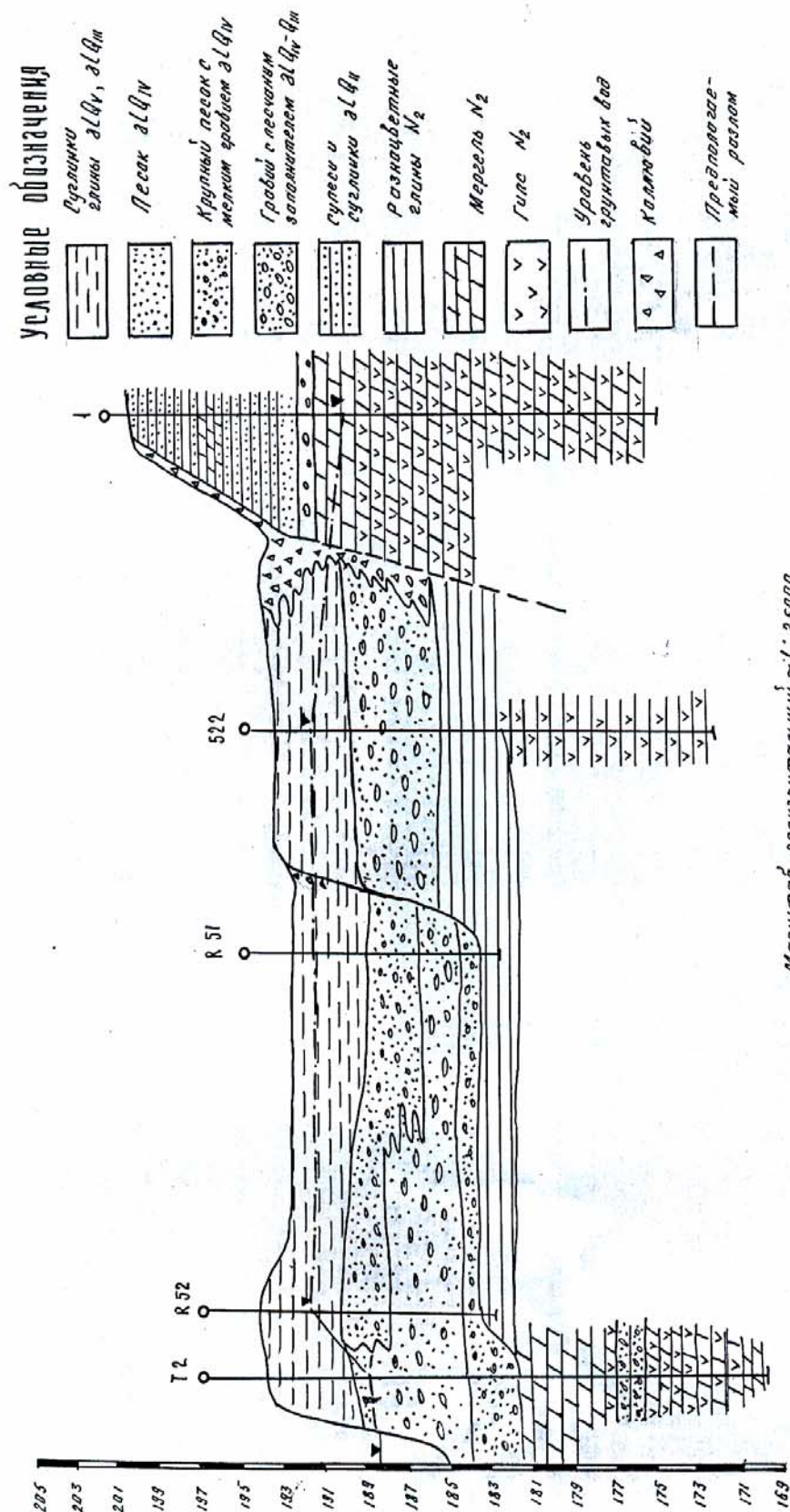


Рис.1. Поперечный разрез левобережья долины р. Нижний Евфрат (Сирия, с. аль Зер)
Составил Насонов В.Г. (2002 г.)

Аллювиальные отложения представлены двухслойной толщей, общая мощность которой изменяется в среднем от 8 до 20 м, редко больше. Нижний слой представлен хорошо проницаемым аллювием, водопроницаемость которого варьирует в интервале от 100 до 4000 м²/сут и более. Гранулометрический состав этих отложений очень пестрый: от гравия с песчано-глинистым заполнителем до гравийно-галечниковых отложений. Коэффициент неоднородности изменяется в диапазоне 9 -150.

Плохопроницаемый покровный слой представлен в основном суглинисто-глинистыми отложениями с коэффициентом фильтрации, изменяющимся, по данным наливов в среднем от 0,05 до 0,7м/сут.

Уровень грунтовых вод отмечен на глубинах от 1 до 4м, увеличиваясь в сторону высокой террасы. Пьезометрический уровень напорных вод практически совпадает с уровнем грунтовых вод, различаясь лишь в период откачек или наливов при большой мощности покровного слоя.

Схема опытно-фильтрационных работ как на стадии гидрогеологических изысканий, так и на стадии строительства вертикального дренажа была примерно одинаковая, несмотря на разные периоды изысканий и разных исследователей:

- на расстоянии, примерно равном мощности хорошопроницаемого пласта, располагались два пьезометра, один - в хорошопроницаемом слое, другой - в покровном плохопроницаемом слое;
- откачки проводились в два этапа: на первом этапе - для определения зависимости расхода от понижения; на втором проводилась длительная откачка для определения параметров в режиме неустановившегося движения;
- для обработки результатов откачек при неустановившемся движении использовались различные методы: Тейса, Джайкоба, Болтона и других.

Однако конструкции скважин и способы создания гравийной обсыпки были существенно разными для гидрогеологических скважин и скважин вертикального дренажа.

Гидрогеологические скважины бурились роторным способом с промывкой технической водой или глинистым раствором диаметром 8"- 12 ½"; толщина гравийной обсыпки 3- 5 см; с фильтром из стальной перфорированной трубы скважностью 8-10 % и шириной щели 2 -4 мм. Длительность освоительной откачки - 8-10 часов.

Скважины вертикального дренажа бурились диаметром 24"- 26 " роторным способом с применением самораспадающегося промывочного раствора (Rivert). Толщина гравийной обсыпки – 10-13 см; состав гравийной обсыпки - смесь из частиц с D₁₀ - 2 мм и D₆₀ – 4 мм. Длительность строительной откачки для формирования гравийного фильтра составляла несколько суток. Фильтровой каркас скважин вертикального дренажа был представлен фильтром Джонсона диаметром 400 мм и шагом между проволоками – 2 мм. Часть скважин вертикального дренажа была оборудована фильтрами из перфорированного фибerglassа со скважностью 15- 20%.

Как показал анализ результатов откачек из СВД и кустовых откачек из гидрогеологических скважин, во всех случаях прослеживалась нелинейная зависимость понижения от дебита скважины:

$$S = AQ + BQ^2 \quad (1)$$

где S – понижения в скважине, соответствующие расходу Q;

A и B – соответственно параметры

Значения параметра B приведены в табл.1, 2 и на графиках рис. 2, 4. Анализ этих данных показывает, что существует хорошо выраженная обратно пропорциональная зависимость между величиной B и водопроницаемостью: чем меньше водопроницаемость, тем больше величина B.

Таблица 1 - Зависимость параметра В от водопроницаемости по данным откачек гидрогеологических скважин, сгруппированных по интервалам

№ п/п	Число опытов	Диапазон водопроницаемости $T \cdot 10^{-3}$, m^2/c		Сумма Т	Диапазон В, $сек^2/m^5$		Среднее В
		Max	Min		Max	Min	
1	3	2,22	2,03	2,12	49100	44200	47100
2	5	6,00	3,50	4,47	44000	11250	25610
3	6	12,00	6,25	10,04	1000	4400	6740
4	4	15,00	13,00	14,25	2100	530	1098
5	3	29,00	15,75	22,25	518	315	444

Таблица 2 - Зависимость параметра α_0 от коэффициента фильтрации по данным опытных откачек из гидрогеологических скважин, сгруппированных по характерным диапазонам

№ п/п	Число опытов	Диапазон $K_{cp} \cdot 10^{-3}$, m^2/c		Среднее значение K_{cp}	Диапазон α		Среднее α_{cp}
		Max	Min		Max	Min	
1	9	1,00	0,40	0,70	3122	1758	2236
2	2	1,33	1,55	1,44	1909	1565	1737
3	3	1,90	1,78	1,86	873	764	820
4	4	2,56	2,00	2,26	2900	367	1038
5	3	4,80	4,00	4,43	1477	426	772

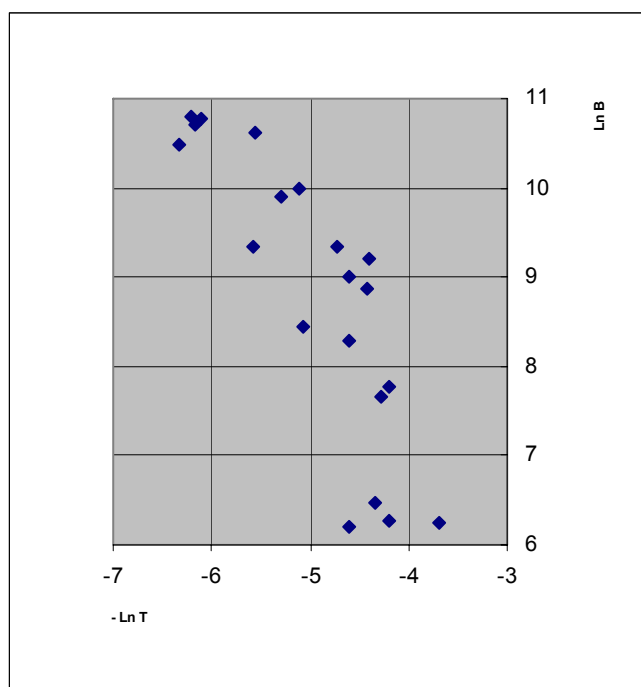


Рис. 2. Зависимость параметра В от водопроницаемости по данным откачек разведочных скважин с диаметром бурения 12 1/4"-15" и скважностью фильтра 8-10%

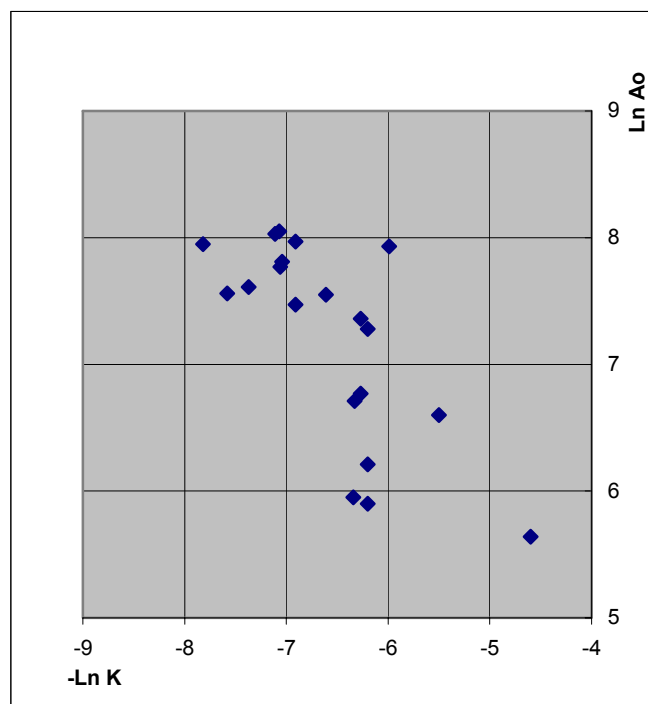


Рис. 3 - Зависимость параметра турбулентности α от коэффициента фильтрации K для разведочных скважин диаметром бурения 12 1/4"-15" и скважностью фильтра 8- 10%

Важно отметить, что нелинейность не связана (или очень мало связана) с прохождением воды через фильтровой каркас; расход скважин подбирался так, чтобы обеспечить длиной фильтра и скважностью ламинарный режим движения через фильтр Джонсона в соответствии с его гидравлическими характеристиками. Подтверждением этого является следующее: при малых расходах, соответствующих малым проводимостям, скорость фильтрации так же мала, а величины B максимальны; при больших расходах величины B минимальны, хотя скважность фильтров одинакова и при малых, и при больших расходах.

Явление обратной пропорциональной зависимости величины B от проводимости, установленное по данным откачек, не совсем соответствует широко распространенным представлениям, согласно которым отклонение от линейного закона фильтрации должно наблюдаться только в отложениях с высокими фильтрационными свойствами и высокими дебитами. Наоборот, наибольшие значения параметра B отмечаются при низких фильтрационных свойствах и малых расходах, что соответствует результатам экспериментальных исследований в сыпучих пористых средах.

Другая важная особенность - это повышенные значения параметра B при низких проводимостях, полученные при кустовых гидрогеологических откачках, по сравнению с величинами B , полученными при откачках вертикального дренажа. При высоких проводимостях, это различие практически отсутствует. Оно объясняется разными технологиями бурения и освоения, которые, как известно, очень слабо проявляются в гравийно-галечниковых отложениях. В песчано-гравийных отложениях, характеризующихся более низкими фильтрационными свойствами, различия в технологии бурения и конструкции скважин сказываются наиболее сильно.

Однако значение B включает в себя не только нелинейную фильтрационную характеристику отложений, но и диаметр бурения, длину фильтра, скважность, коэффициент фильтрации хорошопроницаемого слоя. Поэтому очень важным является определение параметра нелинейности фильтрации в зависимости от коэффициента фильтрации, исключая

влияние других параметров, связанных с конструкцией скважины. Определение параметра нелинейности проводилось по формуле:

$$\alpha = 4\pi^2 r_c \cdot m \cdot T \cdot B, \quad (2)$$

где r_c – радиус бурения скважины, (для скважин с гравийной обсыпкой принят по радиусу бурения, так как фильтр Джонсона скважностью более 40% и сортированная гравийная обсыпка с коэффициентом неоднородности 2 обладают очень низким сопротивлением, что подтверждено результатами откачек в отложениях с очень высокой проводимостью);

T – водопроницаемость, $\text{м}^2/\text{с}$;

m – мощность пласта, (для большинства скважин может быть приравнена к обводненной мощности гравия, оснащенной фильтровым каркасом).

Результаты определения параметра нелинейности α приведены в табл.3 и табл.4.

Таблица 3 - Зависимость B от водопроницаемости для СВД по характерным группам

№ п/п	Число опытов	Диапазон водопроницаемости $T \cdot 10^{-3}$, $\text{м}^2/\text{с}$		T ср. 10^{-3} $\text{м}^2/\text{с}$	Диапазон изменений B , $\text{с}^2/\text{м}^5$		Среднее B , $\text{с}^2/\text{м}^5$
		Max	Min		Max	Min	
1	1	-	1,99	-	-	31250	-
2	7	3,11	1,24	2,85	18960	8330	15760
3	6	3,40	4,00	3,68	11425	5700	8493
4	5	4,50	4,02	4,36	5930	4100	5067
5	15	6,00	4,60	5,10	9770	2200	4211
6	8	8,00	7,00	6,80	3223	1590	1857
7	7	10,00	8,01	9,10	1800	913	1272
8	5	11,00	10,01	10,50	1400	325	820
9	13	13,00	11,02	12,10	970	450	630
10	8	25,20	15,00	21,00	400	173	308

Таблица 4 - Зависимость параметра α_0 от коэффициента фильтрации K по данным откачек скважин вертикального дренажа по характерным грунтам

№ п/п	Число опытов	Диапазон водопроницаемости $K \cdot 10^{-3}$, $\text{м}/\text{с}$		Среднее $K \cdot 10^{-3}$, $\text{м}/\text{с}$	Диапазон изменений α		Среднее, $\text{м} \cdot \text{с}$
		Max	Min		Max	Min	
1	9	0,67	0,42	0,56	3182	1513	2130
2	11	0,89	0,69	0,81	1527	1130	1286
3	13	0,96	1,16	1,10	1140	809	929
4	9	1,67	1,33	1,47	868	544	661
5	10	2,30	1,82	2,01	579	344	498
6	13	4,20	2,50	3,13	633	260	415

Статистическая обработка данных (рис.4 и 5) позволяет количественно охарактеризовать связь между параметром нелинейности и коэффициентом фильтрации водоносного горизонта.

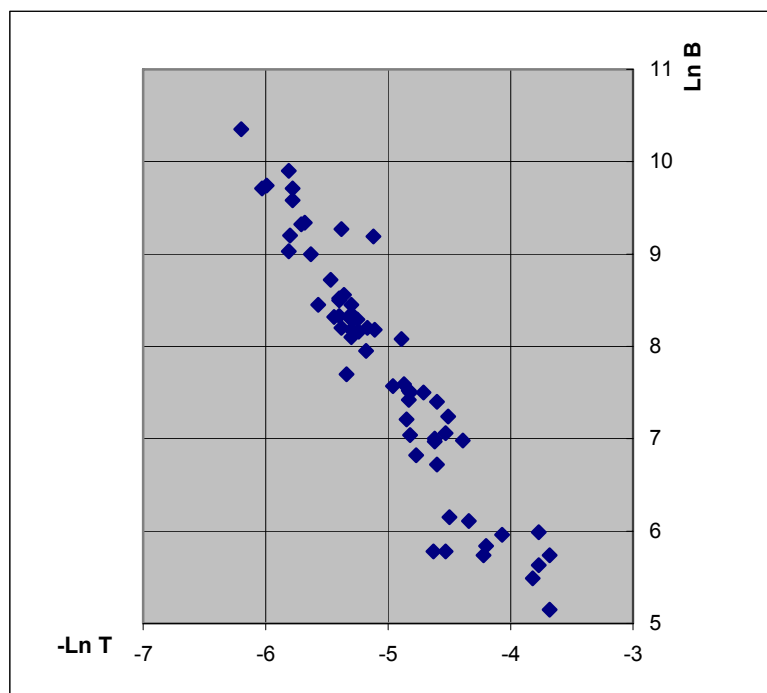


Рис. 4 - Зависимость сопротивления В от водопроводимости по данным откачек из скважин вертикального дренажа в долине р.Нижний Евфрат

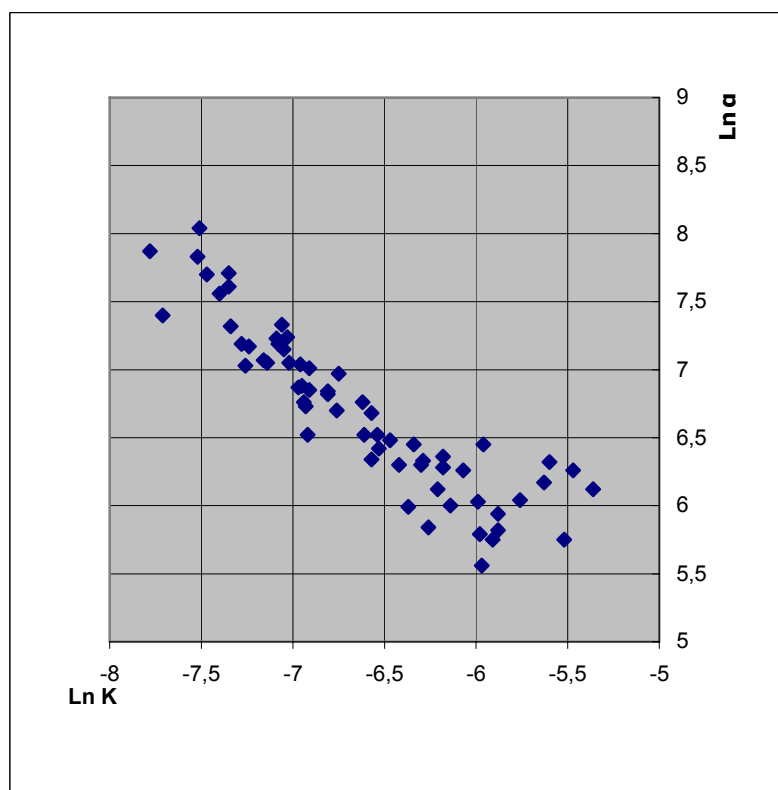


Рис. 5 - Зависимость параметра турбулентности от α коэффициента фильтрации водоносного пласта по данным откачек из скважин вертикального дренажа с диаметром бурения 24"-26" и скважностью фильтра Джонсона 42% - 47%

Для гидрогеологических опытных скважин:

$$\alpha = 4,03/K^{0,876}, \quad r_0 = 0,83 \quad (3)$$

для скважин вертикального дренажа:

$$\alpha = 1,2/K^{0,98}, \quad r_0 = 0,97. \quad (4)$$

Из сказанного, очевидно, что для песчано-гравийных отложений с большой неоднородностью зернового состава существует обратно пропорциональная связь между параметром нелинейности α и коэффициентом фильтрации: чем меньше коэффициент фильтрации, тем больше значение параметра турбулентности.

При низкой проводимости значения параметра нелинейности для опытных кустов гидрогеологических скважин и кустовых откачек из скважин вертикального дренажа существенно различаются, как и в случае значений параметра B . При высоких значениях коэффициента фильтрации они довольно близки. Это объясняется, как отмечалось выше, различиями в технологии строительства гидрогеологических и дренажных скважин и различными особенностями их освоения, наиболее сильно сказывающимися при низкой водопроводимости.

Полученные результаты подтверждают данные лабораторных экспериментальных исследований. При проектировании водозаборных и дренажных скважин не только в галечниковых, но и во всем диапазоне песчано-гравийных отложений необходимо учитывать возможность турбулентных явлений в прифильтровой зоне. Это предполагает при проведении изысканий обязательное осуществление опытно-фильтрационных работ для определения параметров турбулентности.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Абрамов С.К., Алексеев В.С. Забор воды из подземного источника. - М.: Колос, 1980.
2. ВСН-3.3 – 2.2,03-86 Дренаж на орошаемых землях. Нормы проектирования. - М., 1986.
3. Жаворонков Н.М., Аэров М.Э., Умник Н.И. Гидравлические сопротивления и плотность упаковки зернистого слоя // Физическая химия. – 1949. - Т. 23, вып 3.
4. Насберг В.М. Обобщенная формула Дюпюи-Краснопольского для напорной совершенной скважины // Изв. ТНИС ГЭИ. - 1947. – Т. 1.
5. Минский Е.М. О турбулентной фильтрации в пористых средах // ДАН СССР. – 1951. - Т.78, № 3.
6. Павловский Н.Н. Теория движения грунтовых вод под гидротехническими сооружениями и ее основные приложения // Собр. соч. - М.-Л.: Изд-во. АН СССР, 1956. - Т. 2.
7. Требин Г.Ф. Фильтрация жидкостей и газов в пористых средах. - М.: Гостехиздат, 1959.
8. Шестаков В.Н. Динамика подземных вод. - М.: Издво МГУ, 1979.
9. Щелкачев В.Н. Критический анализ исследований, посвященный определению верхней границы закона фильтрации и термодинамика пласта // Упругий режим фильтрации. - М.: Недра, 1972.
10. Cornell D. and Katz D.L. 1954. Pressure gradients in natural gas reservoirs trans. SPE of AIME. 198, pp – 61-67 (JPT).
11. Elenbaas J.R. and Katz D.L. 1947. A radial turbulent flow formula. Trans SPE of AIME. 174. pp. 25-41.

12. Fancher G.N. and Lens's J.A. 1933. Flow of simple fluids through porous materials. Ind. Eng. Chem. Fund 24 pp. 1139-1147.
13. Houpeurt A. 1959. On the flow of gases in porous media. Rev L'Just. Frans. Petrol 14 № 11. p. 1648-97. № 12 pp 1637-84.
14. Houpeurt M.K. 1956 Darcy's law and the field equations of the flow of underground and fluids. Trans. SPE. of AIME 207 pp. 222-239.
15. Nagy J.V. Karadi 1961. Untersuchungen über den Gültigkeitsbereich des Gesetzes von Darcys/ Österreichisch Wasserwirtschaft . Volum 13, № 12.

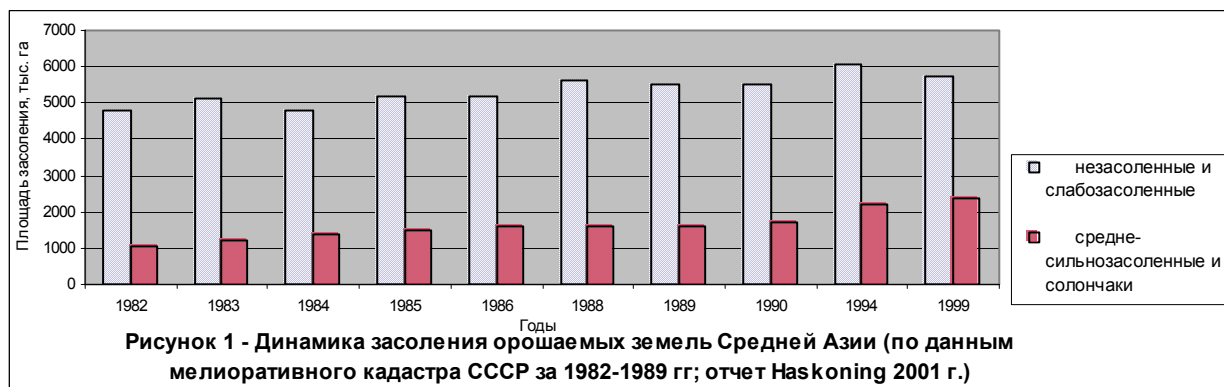
УДК 626.86

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОБОСНОВАНИЮ ПАРАМЕТРОВ ДРЕНАЖА НА ЗЕМЛЯХ ДРЕВНЕГО ЗАСОЛЕНИЯ

Насонов В.Г., Абиров А.А.
(САНИИРИ им. В.Д. Журина)

Огромные равнинные пространства Центральной Азии характеризуются практически отсутствием естественной дренированности, поэтому орошение этих земель требует осуществления мероприятий по борьбе с засолением почв (дренаж, промывки, соответствующая агротехника). Однако на этих землях после многих лет борьбы с засолением, независимо от государства, культурного уровня населения, технического уровня гидромелиоративных систем (ГМС), наблюдаются практически одинаковый процесс роста засоления почв (рис.1-5, табл.1-3).

Интенсификация процессов засоления почв, проявившаяся в конце «советской эпохи» в бассейне Аральского моря (БАМ), отмечалась рядом серьезных исследователей [5,8,11, 14.]. Однако данные об общей площади засоленных орошаемых земель БАМ или площади засоления отдельных оазисов не могут дать достаточно четкой картины динамики этих процессов, необходимой для выявления их причин. Для этого целесообразно рассмотреть динамику засоления почв на исходно засоленных землях старого и нового орошения, оснащенных усовершенствованными видами дренажа и расположенных в разных государствах региона. Анализ показывает, что на массивах, расположенных в предгорных прогибах и на равнинах Туранской плиты и имеющих разные усовершенствованные виды дренажа, наблюдаются сходные негативные тенденции (рис.4,5, табл.1-3).



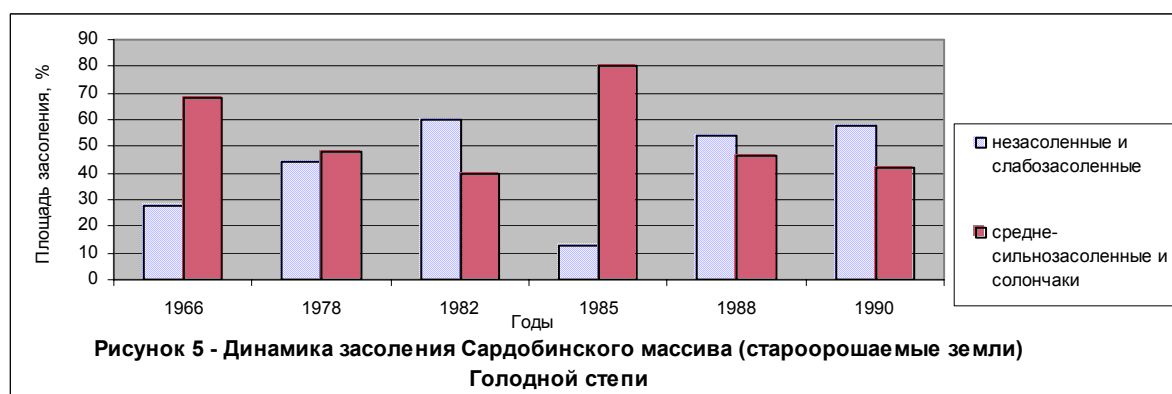
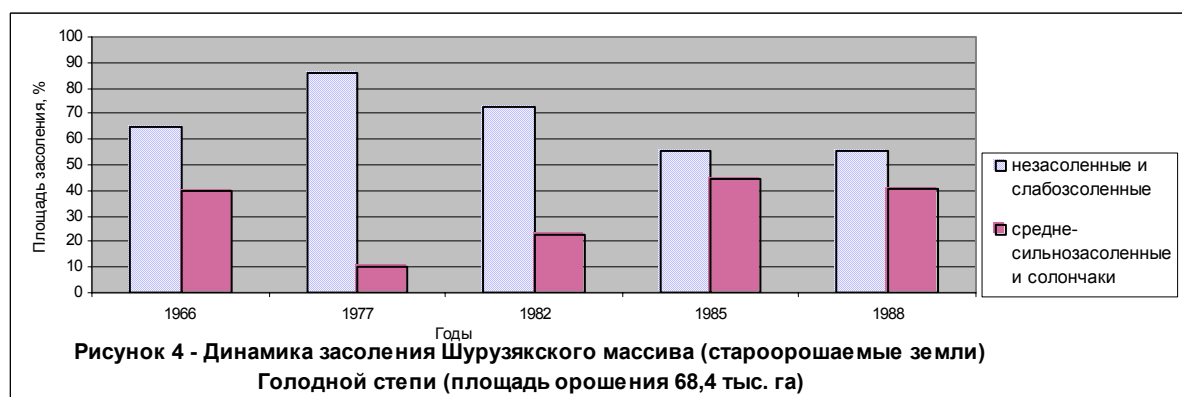
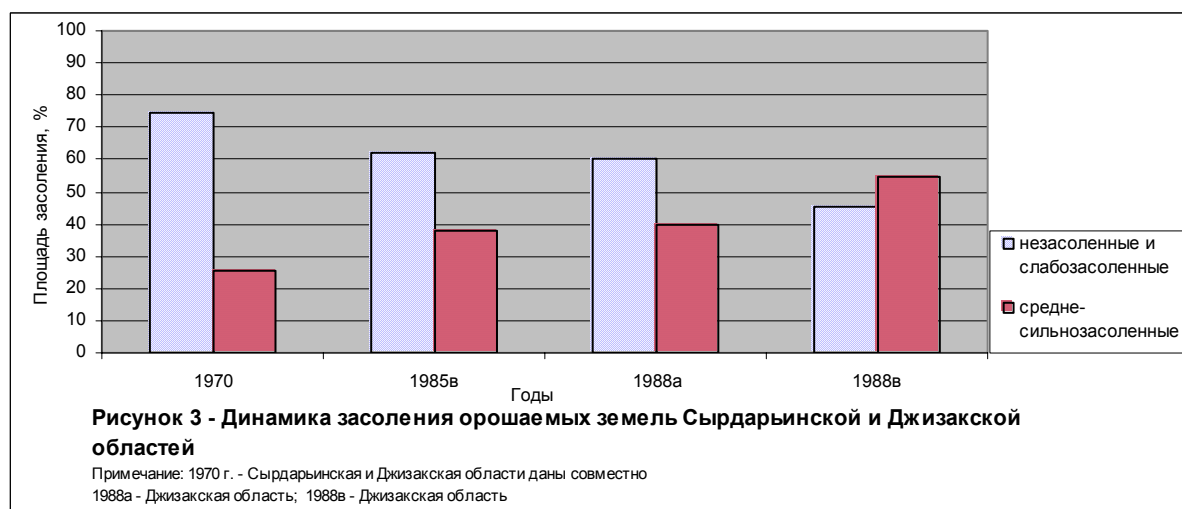
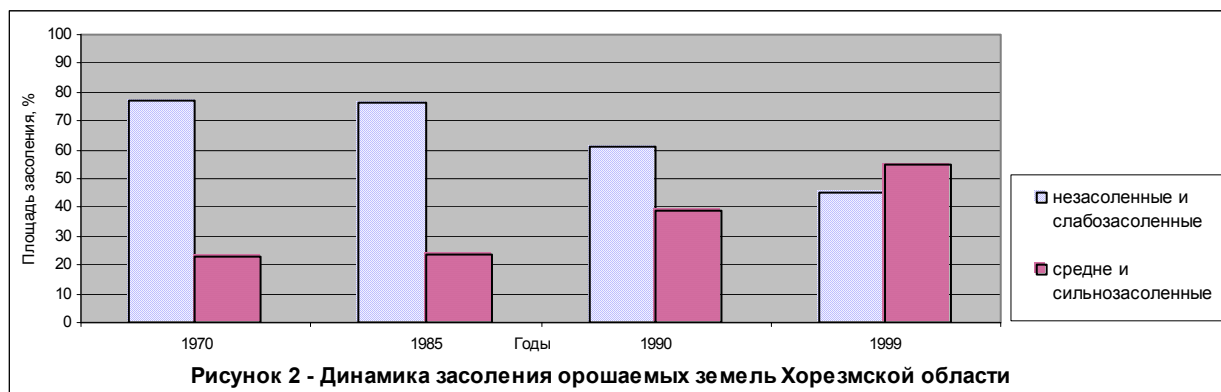


Таблица 1 - Динамика засоления новоорошаемых земель Голодной степи (Центральный массив)

Год	Площадь орошения по степени засоления, % от общей площади		
	Незасоленные и слабозасоленные	Среднезасоленные	Сильнозасоленные и более
1975 ¹	71,2	11,9	16,9
1985 ¹	44,2	33,0	22,8
1988 ⁵	49,1	41,3	9,60
1990 ¹	72,6	17,5	9,90

¹ - данные института «Узгипрозем»

⁵ - данные института «Узгипроводхоз»

Таблица 2. - Динамика засоления земель Пахтааральского массива (Южный Казахстан)

Степень засоления	1952-1956 гг.	1965-1967 гг.	1977 г.	1981 г.	1982 г.	1983 г.	1986 г.
	%	%	%	%	%	%	%
Незасоленная и слабая	71,8	43,4	95,8	89,0	56,0	55,0	58,3
Средняя	13,0	24,0	-	10,3	16,0	16,0	25,7
Сильная	11,8	10,0	4,2	0,7	24,0	21,0	15,0
Солончаки	2,80	21,0	-	-	4,0	8,0	1,0
Неудобья, озера и болота	0,60	0,3	-	-	-	-	-

Таблица 3 - Динамика засоления новоорошаемых земель Голодной степи (Юго-восточный массив 1-ой очереди орошения)

Год	Площадь орошения по степени засоления, % от общей площади		
	Незасоленные и слабозасоленные	Среднезасоленные	Сильнозасоленные и более
1975 ⁶	55,7	22,6	21,7
1985 ¹	39,3	35,2	25,7
1988 ⁶	15,0	54,6	30,4

¹ - данные института «Узгипрозем»

⁶ - данные института «Средазгипроводхлопок»

Эти данные свидетельствуют о том, что резкое снижение темпа засоления почв, наблюдаемое с начала 70-х годов, сменилось, вне зависимости от давности орошения и технического уровня ГМС, процессами интенсивного засоления. При этом увеличение засоления началось с начала 80-х годов практически во всех государствах.

Существуют различные варианты объяснения причин сложившейся ситуации, среди которых наиболее распространенным является следующий: резкий рост засоления является следствием прежде всего недостаточного финансирования работ по эксплуатации современной интенсивной коллекторно-дренажной сети (КДС) с начала 90-х годов [6.13]. Однако, хотя снижение финансирования действительно имеет место, приведенные данные показывают, что интенсивное засоление проявилось еще в советское время, когда эти работы и мероприятия по мелиоративному улучшению земель, финансировались наиболее полно. Недостаточное же финансирование работ по эксплуатации КДС в постсоветскую эпоху лишь ускорило уже интенсивно идущие процессы засоления.

Иногда рост сильного и среднего засоления орошаемых почв объясняют недостаточной протяженностью дренажа и повышением коэффициента использования земли. Как правило, это имеет место на орошаемых землях Туркменистана и Каракалпакстана. Не рассматривая детально обоснованность таких утверждений, укажем лишь, что на землях с очень интенсивным дренажем идут такие же процессы засоления (рис.4, 5, табл.1-3), лишь с меньшей интенсивностью.

Таким образом, многолетние комплексные мероприятия по борьбе с засолением орошаемых земель, такие как строительство и эксплуатация КДС в сочетании с промывными поливами и агротехникой, не обеспечили на большей части равнин Турана благоприятный водносолевой режим почв.

Часто процессы засоления почв пытаются объяснить низкой работоспособностью построенной КДС, хотя в большинстве орошаемых оазисов в водоприемники выносятся огромное количество солей. В зависимости от природных условий и дренированности с орошаемых земель может отводиться от 15 до 40 т/га солей, а за десятки лет вынос солей может превысить 1000 т/га. Расчеты, выполненные в начале 60-х годов показали, что для того, чтобы рассолить земли Чарджоуского оазиса на глубину 10 м., необходимо вынести с них 614 т/га солей [13]. В настоящее время их вынесено значительно больше (без учета солей, вносимых с оросительной водой), однако площадь сильно- и средnezасоленных земель даже утроилась. Сходная ситуация наблюдается в Хорезмском оазисе, с которого за последние 50 лет отведено солей более 1500 т/га, причем 900 т/га - без солей, вносимых с оросительной водой. Этого было бы достаточно для коренного рассоления сильнозасоленных почвогрунтов мощностью 10м, однако площадь сильно- и средnezасоленных земель в оазисе удвоилась [14]. Такие явления возможны лишь в том случае, когда в объеме солей, отводимых дренажем, значительную часть составляют соли, выносимые из глубоких водоносных горизонтов, а в дренаж поступает небольшая их часть из зоны аэрации. Это подтверждается материалами исследований на опытно-производственных участках, где с помощью гидродинамических сеток и послойной минерализации грунтовых вод изучалась кинематическая структура движения подземных вод в междуренье. Из этих материалов следует, что соли к дренам поступают главным образом из глубоких слоев почвогрунтов по всей их толще, охарактеризованной пьезометрами, и, вероятно, до регионального водоупора, и только 10-15 % солей выносятся из зоны аэрации (Меришенский М.С., Батулин Г.Е.)

Отсюда следует очень важный вывод о том, что на исходно засоленных землях общий вынос солей с дренажным стоком не может являться показателем эффективности мелиоративных систем. Необходимо дифференцировать вынос солей из верхнего слоя (зона аэрации и приповерхностный слой грунтовых вод) и глубоких водоносных слоев. О том, что общий вынос солей с дренажным стоком не может быть оценкой эффективности дренажа, отмечалось давно [1,11], и даже предложена зависимость для количественной оценки выноса солей дренажем из зоны аэрации и вовлечения солей из геологического круговорота по общему стоку.

Несмотря на эти, казалось бы, очевидные положения эффективность дренажа до настоящего времени оценивается по общему объему солевого стока, и не существует общепринятой оценки выноса солей дренажем из зоны аэрации и верхнего слоя грунтовых вод.

Таким образом, КДС не способна совместно с орошением и промывками предотвратить или хотя бы снизить интенсивность процессов засоления почв и выносит огромные массы солей в водоемы и водотоки (табл.4). В некоторых случаях отмечается даже рост засоления (табл.5).

Таблица 4. Миграция солей на орошаемых землях бассейна р.Амударья в период 1970-1995гг.

Водохозяйственный район	Масса солей за 1970-1995 г., млн.т		Показатель миграционной способности*		
	Поступление	Отвод	Среднее за 1970-1995 гг.	1975 г.	1995 г.
Таджикистан	82,5	101,9	1,2	1,27	1,03
Сурхандарьинский	47,3	68,4	1,4	1,20	1,90
Каракумский	141,8	453,2	3,2	2,81	2,40
Туркмен.прибрежный	63,9	147,9	2,3	2,02	2,08
Каршинский	54,9	151,6	2,8	2,67	3,60
Бухарский	96,5	182,1	1,9	1,60	1,82
Хорезмский	112,9	251,8	2,2	2,40	2,10
Дашогузский	143,3	112,8	0,8	0,95	0,65
Каракалпакстан	204,7	261,5	1,3	0,79	1,28
ИТОГО:	947,8	1714,8	1,8	-	-

Примечание: * - отношение выносимых с КДС солей к солям, вносимым с оросительной водой.

В настоящее время только по бассейну Амударьи ежегодно выносятся свыше 100 млн.т солей, которые утилизируются в пустынных понижениях или сбрасываются в реки. Аналогичная ситуация наблюдается и в бассейне Сырдарьи. Соли, выносимые с орошаемых массивов выше по течению, практически полностью поступают с оросительной водой к нижерасположенным землепользователям.

Таблица 5 - Динамика выноса солей с некоторых орошаемых оазисов среднего и нижнего течения рек Сырдарьи и Амударьи, тыс.тн

Наименование области	Г о д			
	1985	1995	1997	1999
Кашкадарьинская	3725,26	10811,4	8019,01	16614,0
Хорезмская	8110,00	8097,62	10297,23	12173,0
Дашогузская (Туркменистан)	4600,00	6471,73	5931,29	7836,8
Джизакская	4093,03	4318,50	4821,90	5126,0
Сырдарьинская	6417,41	3886,50	6293,50	6984,0
Каракалпакстан	8633,03	6166,72	7794,65	9240,0

В результате речная вода стала мощнейшим по сравнению с другими источником поступления солей на орошаемые земли, что требует соответствующей корректировки промывного режима орошения. Это, в свою очередь, приведет, при сложившейся практике регулирования водно-солевого режима почв, к увеличению выноса солей за пределы орошаемого массива и новому росту минерализации речной воды. Таким образом, созданся «порочный» круг миграции солей в бассейнах рек, способствующий росту засоления почв.

Поскольку одной из важнейших причин ухудшения качества воды в реках является активизация выноса солей с орошаемых массивов дренажной сетью, то наряду с общими мероприятиями по регулированию качества воды в реках приоритетным является уменьшение выноса солей с дренажным стоком прежде всего за счет прекращения их выноса из глубоких водоносных горизонтов.

Однако при проектировании выбор и обоснование параметров дренажа проводился и проводится вообще без учета возможного выноса солей из зоны аэрации и приповерхностного слоя грунтовых вод, а также вовлечения солей из геологических запасов в активную геохимическую миграцию. В конкретных проектах вынос солей из зоны аэрации и глубоких водоносных горизонтов при работе дренажа ранее также не рассматривался, не говоря уже о разработке технических решений, предотвращающих или

уменьшающих солевывнос. В нормативных документах [4] такие требования вообще отсутствуют.

Сложившаяся ситуация в отношении методов обоснования дренажа на засоленных землях противоречит современным представлениям о том, что почвы и грунтовые воды являются единой геодинамической системой, в разных частях которой накопление солей определяется их круговоротом в зоне активного водообмена до ближайшего регионального водоупора.

В гидрогеологическом отношении зона активного водообмена на равнинных пространствах Турана расположена в мощной толще неоген-четвертичных отложений. При большой литологической пестроте отложений и отсутствия выдержанных водоупорных пород тесная единая гидравлическая связь существует по всему разрезу [3,18]. Региональным действительным водоупором для всей территории являются морские мергелистые глины и мергели эоцена или алевроито-глинистые отложения олигоцена, за исключением некоторых эродированных участков, где аллювиальные отложения залегают непосредственно на мезозойских отложениях.

Равнины Туранской плиты начиная с конца палеогена развивались в климатических условиях, близких к аридным, и свойственных им процессов континентального засоления или лагунных и прибрежных фаций высыхающих древних морей. Поэтому отложения того времени унаследовали от прошлого большое количество водорастворимых солей и гипсов. Это касается и предгорных прогибов, сопрягающих горное обрамление с Туранской плитой. Так, для Голодной степи мощными очагами древнего соленакопления явились Мирзачульская впадина и Тузканинское понижение, где мощность только четвертичных отложений составляет более 300м с запасами солей более 3×10^4 т/га [16]. Как правило, это рассеянные в рыхлых отложениях реликтовые соли, являющиеся донорами солей зоны гипергенеза и почвы. При орошении и дренаже этот донорский процесс резко усиливается. Основным механизмом переноса солей является движение водных растворов к дренам.

Существуют и другие источники поступления солей: соленые воды седиментационных бассейнов, галогенные формации мезозоя и палеогена, разгружающиеся в вышележащие горизонты через впадины, занятые солончаками. При разведке нефтегазоносных структур (Газлинское, Питнякское и т.д.) выявлены скрытые очаги разгрузки в аллювии Сырдарьи и Амударьи. Еще один источник – это скрытая рассеянная разгрузка артезианских бассейнов в неоген четвертичные отложения, если судить по возрастающим артезианским напорам с глубиной [16,17].

Существенное влияние на миграцию солей оказывают геохимические барьеры: испарительные, термодинамические, геогидрохимические и даже гидравлические, выводящие соли из активной гидродинамической зоны или меняющие ионный состав растворов. Существование таких барьеров или использование их механизмов в проектах КДС не рассматривается, что приводит обычно к их разрушению, хотя знание и использование геохимических барьеров могло бы существенно уменьшить вынос солей дренажем в водоприемники.

При обосновании дренажа на землях древнего засоления необходимо учитывать еще одно очень важное обстоятельство. Согласно многочисленным прогнозам развития водных ресурсов в БАМ, в перспективе объемы выделения водных ресурсов на орошение будут снижаться. В наибольшей степени это коснется среднего и нижнего течения рек, поэтому необходимо обеспечить снижение удельных затрат оросительной воды прежде всего за счет ее затрат на регулирование водно-солевого режима, если принять, что биологические потребности растений в воде должны непременно удовлетворяться.

Таким образом, возникла новая ситуация: исторически сложившая практика регулирования водно-солевого режима и обоснования дренажа вошла в противоречие с

существующими возможностями окружающей среды и требует корректировки, хотя еще недавно (60-70 гг. XX столетия) она давала прекрасные результаты. В современных условиях и на перспективу дренажная система на землях, подстилающихся отложениями с древним засолением, должна отвечать следующим требованиям:

- дренаж должен отводить соли главным образом из зоны аэрации и небольшого приповерхностного слоя грунтовых вод, не вовлекая в миграционные процессы соли, находящиеся в геологическом круговороте;

- дренаж в сочетании с другими приемами регулирования водно-солевого режима должен обеспечить снижение удельных затрат воды.

Эти требования в определенной степени противоречивы, и, казалось бы, мало осуществимы, если исходить из сложившейся практики обоснования параметров дренажа: понижение уровня грунтовых вод в зависимости от их минерализации при создании промывного режима.

Однако, если учесть, что проблема засоления корнеобитаемого слоя будет решена благодаря опреснению приповерхностного слоя грунтовых вод за счет дренажа и промывного режима орошения, то эти противоречия легко устраняются. Анализ кинематики фильтрационного потока, формирующегося при работе дренажа и орошении, показывает, что глубина активной гидродинамической зоны определяется величиной инфильтрационного питания и глубиной заложения дренажа. В самом худшем случае, она равна примерно междренному расстоянию. Это позволяет считать, что, варьируя расстояния между дренами и глубиной заложения дренажа, можно существенно уменьшить глубину зоны влияния дренажа, ограничиваясь только требуемой зоной опреснения.

Однако для регулирования глубины влияния дренажа существующие методы расчета дренажа и связанные с ним прогнозы минерализации, основанные на предпосылке Дюпюи-Форхгеймера [4,7], не пригодны. Для этого необходимо определение в любой точке междренья и в любой момент времени концентрации легко растворимых солей при заданных параметрах дренажа. Поскольку движение солей осуществляется под влиянием конвективного переноса и гидродинамической дисперсии, зависящих от скорости фильтрации воды, то математически расчетная модель расчета дренажа будет включать по крайней мере два уравнения в частных производных.

Объединяя уравнение неразрывности с обобщенным законом Дарси для насыщенно-ненасыщенных сред в модификации Ричардса (1931 г.) можно записать в следующей форме: общее уравнение фильтрации в насыщенно-ненасыщенной зоне (область G(O, A, B, C, D, F, E) - на рис.6):

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = C(H) \frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[K(H) \frac{\partial H}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[K(H) \frac{\partial H}{\partial y} \right] + f(x, y, t) \quad (1)$$

где θ – объемная влажность;

$C(H) = \frac{\partial \theta}{\partial H}$ - коэффициент удельной влагоемкости;

$f(x, y, t)$ - интенсивность отбора влаги корневой системой растений;

$K(H)$ – коэффициент фильтрации породы как функция матричного потенциала ψ (в ненасыщенной зоне $\psi < 0$, в зоне полного насыщения $\psi \geq 0$). При $\psi = 0$ $K(\psi) = K_0$;

K_0 – коэффициент фильтрации насыщенного грунта;

$H(x, y, t)$ – гидродинамический напор, определяемый по $H(x, y, t) = \psi + Y$.

Ниже уровня грунтовых вод:

$$\psi > 0; \frac{\partial \theta}{\partial t} = 0; C(H) = \mu^*; \theta = \theta_m;$$

где μ^* - коэффициент упругой водоотдачи.

Инфильтрация или испарение

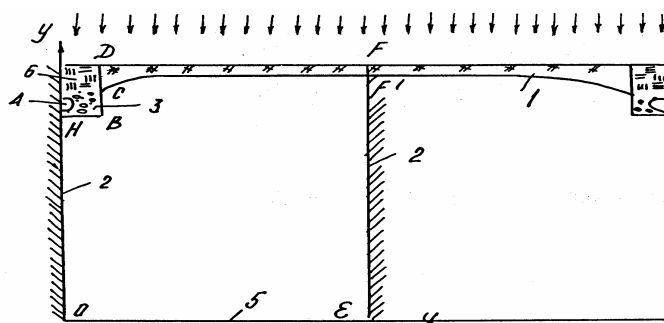


Рисунок 6 - Область фильтрации и солепереноса в междуренье

- | | |
|--|-----------------------------------|
| 1 – уровень грунтовых вод | 4 – дренажный трубопровод |
| 2 – непроницаемая граница в силу симметрии | 5 – кровля влагопроницаемого слоя |
| 3 – гравийная обсыпка в дрене | 6 – обратная засыпка |

Объединяя уравнение сохранения массы жидкости и растворенных в ней веществ с законом Фика с учетом дополнительного механизма переноса солей фильтрующимся потоком, получим объединенное уравнение движения и сохранения массы вещества для плоского в разрезе двумерного потока насыщенно-ненасыщенной зоны G(O, A, B, C, D, F, E - на рис.6):

$$\theta^* \frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial N}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_{xx} \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_{yy} \frac{\partial c}{\partial y} \right) - \frac{\partial V_x c}{\partial x} - \frac{\partial V_y c}{\partial y} + \ell_w C \quad (2)$$

где $\frac{\partial N}{\partial t} = \gamma$; $f(c.N.L.G)$ - уравнение кинетики массообмена между растворенными в воде

веществами и твердой фазой грунтов;

N – весовое содержание вещества в твердой фазе;

γ , L, G - постоянные величины.

Для процессов растворения уравнение кинематики имеет вид:

$$\frac{\partial N}{\partial t} = -\gamma(C_m - C)\eta(C_t) \quad (3)$$

где C_m - предельная растворимость солей;

$\eta(C_t)$ - функция Хевисайда;

γ - константа растворения;

$V_{x,y}$ - скорость фильтрации в направлении x, y;

D_{xy} - коэффициент гидродинамической дисперсии.

Для ненасыщенной зоны при орошении существенное влияние могут оказать сорбционные процессы, описываемые уравнением изотермы сорбции. Для сорбционных процессов изотермы сорбции для почвогрунтов представляются обычно линейной изотермой Генри или нелинейной изотермой Ленгмюра. Для почвенных процессов иногда используют эмпирические усложнения теоретических изотерм.

Коэффициент гидродинамической дисперсии имеет очень важное значение при обосновании модели конвективно-диффузионного переноса солей. Хотя, по параметрам гидродисперсии существуют обширные экспериментальные работы [9,10,19,22,23, и др.], однако в работах, посвященных процессам солепереноса при мелиорации засоленных земель, используются разные формы коэффициента гидродисперсии [2,9,10,15,19]. Для уточнения коэффициента диффузии воспользуемся представлениями о коэффициенте фильтрационно-конвективной диффузии о как аксиально-ассиметричном тензоре [10], согласно которым:

$$D_{ij} = (\lambda_1 - \lambda_2) (V_i \cdot V_j) / |V| + \lambda_2 |V_i| \delta \quad (4)$$

где γ_1 ; γ_2 - соответственно продольный и поперечный параметры рассеивания пористой среды;

δ - символ Кронекера;

V_{ij} - локальная скорость фильтрации;

Если учесть особенности движения солей в междренье, то в областях, удаленных от дрен, их движение будет крайне медленным. Диффузия будет осуществляться только молекулярным путем. Конвективно-фильтрационный эффект будет пренебрежимо мал. Поэтому в выражение (4) следует добавить коэффициент молекулярной диффузии в грунтах:

$$D_m = x n D_m^o \quad (5)$$

где D_m^o - коэффициент молекулярно-конвективной диффузии в воде;

n - пористость почвогрунтов;

x - параметр, характеризующий извилистость путей фильтрации в грунте;

Учитывая изложенное, аппроксимации коэффициентов конвективной диффузии для насыщенной среды примем в следующем виде:

$$D_x = D_m + \lambda_2 |V| + (\lambda_1 - \lambda_2) \frac{V_x \cdot V_y}{|V|} \quad (6)$$

$$D_y = D_m + \lambda_2 |V| + (\lambda_1 - \lambda_2) \frac{V_x \cdot V_y}{|V|} \quad (7)$$

$$|V| = \sqrt{V_y^2 + V_x^2}$$

Система уравнений (1)-(2) решается при различных граничных условиях на дренах, поверхности земли и подстилающего слоя. В междренье рассматриваемая насыщенно-ненасыщенная зона (рис.6) в силу симметрии потока может быть уменьшена до области G(O, A, B, C, D, F, E). Сформулируем краевые условия для этой зоны.

Для уравнения (1) начальное условие:

$$H(x, y, 0) = H_0(x, y), \quad (x, y) \in G^x; \quad (8)$$

граничные условия:

$$\left. \frac{\partial H}{\partial x} \right|_{AO} = 0; \quad \left. \frac{\partial H}{\partial x} \right|_{CD} = 0; \quad \left. \frac{\partial H}{\partial x} \right|_{F\varepsilon} = 0; \quad (9)$$

$$-\xi_1 K(H) \left. \frac{\partial H}{\partial x} \right|_{BC} = \left[X_1(y, t)^{\alpha_1} (H^{-H_0} - \lambda_1(y, t)) \right]_{BC}; \quad (10)$$

$$-\xi_1 K(H) \left. \frac{\partial H}{\partial y} \right|_{AB} = \left[X_1(x, t)^{\alpha_1} (H^{-H_0} - \lambda_3(x, t)) \right]_{AB}; \quad (11)$$

$$\xi_2 K(H) \left. \frac{\partial H}{\partial y} \right|_{DF} = \left[X_2(x, t) (H^{-H_2} - \lambda_2(x, t)) \right]_{DF}; \quad (12)$$

$$\xi_3 K(H) \left. \frac{\partial H}{\partial y} \right|_{o\varepsilon} = \left[X_3(x, t)^{\alpha_3} (H^{-H_3} - \lambda_3(x, t)) \right]_{o\varepsilon}; \quad (13)$$

где α - сопротивление дрены;

H_0 – уровень в дрене.

Когда на соответствующих участках границы области фильтрации задаются условия второго или третьего рода, то:

$$\xi_1 = \xi_2 = \xi_3 = 1;$$

При задании условий первого ряда на этих же границах:

$$\xi_1 = \xi_2 = \xi_3 = 0;$$

При $\xi_2 = 1$; $X_2 = 0$, тогда при $\lambda_2 > 0$ задается инфильтрация, а при $\lambda_2 < 0$ - испарение.

В случае $\xi_3 = 1$ и $X_3 = 0$ задается условие оттока в подстилающий пласт.

Решение общего уравнения фильтрации в насыщенно-ненасыщенной зоне (1) при условиях (8)–(13) позволяет найти в любой точке междренья составляющие скорости фильтрации:

$$V_x = -K \frac{\partial H}{\partial x}; \quad V_y = -K \frac{\partial H}{\partial y}; \quad (14)$$

Расходы воды через границы области фильтрации найдем по уравнению:

$$q(t) = \int V_n(t) \alpha \ell \quad (15)$$

где $V_n(t)$ – вектор скорости, направленный по внешней нормали к рассматриваемому участку границы.

Сформулируем краевые условия для рассматриваемой насыщенно-ненасыщенной области, при которых решается уравнение солепереноса (2).

Начальные условия:

$$C(x, y, 0) = \bar{C}_o(x, y) \quad (x, y) \in G \quad (16)$$

$$B(x, y, 0) = \bar{B}_o(x, y) \quad (17)$$

где $C_o(x, y)$ - начальное содержание растворенных солей в воде в междренье;

$B_o(x, y)$ - начальное содержание растворимых солей в твердой фазе в зоне аэрации и ниже УГВ.

Граничные условия:

$$\frac{\partial C}{\partial x} \Big|_{AO} = 0; \quad \frac{\partial C}{\partial x} \Big|_{CD} = 0; \quad \frac{\partial C}{\partial x} \Big|_{FE} = 0 \quad (18)$$

$$\xi_1 D_x \frac{\partial \bar{C}}{\partial x} \Big|_{BC} = \left[X_1(y, t) V_y (\bar{C} - C^+) \right] \Big|_{BC}; \quad (19)$$

$$\xi_1 D_y \frac{\partial \bar{C}}{\partial y} \Big|_{AB} = \left[X_1(y, t) V_y (\bar{C} - C^+) \right] \Big|_{AB}; \quad (20)$$

$$\xi_2 D_y \frac{\partial \bar{C}}{\partial y} \Big|_{DF} = \left[X_2(x, t) V_y (\bar{C} - C^+) \right] \Big|_{DF}; \quad (21)$$

$$\xi_3 D_y \frac{\partial C}{\partial y} \Big|_{oe} = \left[X_3(x, t) V_y (C - C_2) \right] \Big|_{oe}; \quad (22)$$

где ξ_1, ξ_2, ξ_3 и X_1, X_2, X_3 принимают значения, аналогичные изложенным выше.

При $\xi_1 = \xi_2 = 1$ на дрене и на поверхности земли выполняется условие Бреннера; при $\xi_1 = 0$ на дрене выполняется упрощенное условие.

Для решения системы уравнений солевлагопереноса используется конечно-разностная аппроксимация системы уравнений (1)–(2), а все полученные конечно-разностные аналоги этой системы решаются с помощью итерационного неявного метода переменных направлений.

Выбор параметров дренажа осуществляется по результатам распределения солей для различных вариантов междренных расстояний, глубин заложения и величин инфильтрации и соответствия этих результатов изложенным выше требованиям к дренажной системе. Таким образом, определение параметров дренажа на землях с сильно засоленными подстилающими отложениями существенно отличается от расчета дренажа на исходно незасоленных землях.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Аверьянов С.Ф. Некоторые вопросы предупреждения засоления орошаемых земель и меры борьбы с ним в Европейской части СССР. - М., 1965.
2. Веригин И.Н. и др. Методы прогноза водно-солевого режима грунтов и грунтовых вод. - М.: Колос, 1979.
3. Вишняков А.С., Набиев К.А., Пинхасов Б.И., Соколов В.И. Геология и подземные воды неогеновых отложений равнинных территорий Узбекистана. - Т.: Фан, 1978.
4. ВСН-3.3.-2.2.03-86. Дренаж на орошаемых землях. Нормы проектирования. М., 1986.
5. Глазовский И.Ф. Современное соленакопление в аридных областях. - М.: Наука, 1987.
6. Дренаж в бассейне Аральского моря в направлении стратегии устойчивого развития: Отчет по международному проекту ФАО ИПТРИД, Всемирный банк. ЕС «Коперникус», НИЦ МКВК. – Ташкент, 2004.
7. Кац Д.М., Шестаков В.М. Мелиоративная гидрогеология. – М.: Изд-во МГУ, 1981.
8. Ковда В.А. Борьба с засолением почв дельт рек Сырдарьи и Амударьи // Вестник КК филиала АН УзССР. – 1988. - № 1.
9. Лукнер Л., Шестаков В.М. Моделирование миграции подземных вод. - М.: Недра, 1986.
10. Николаевский В.Н. Механика трещиноватых и пористых сред. - М.: Недра, 1984.
11. Панкова Е.И., Айдаров И.П., Ямнова А.И. и др. Природное и антропогенное засоление почв бассейна Аральского моря (география, генезис, эволюция). - М., 1996.
12. Перельман А.И. Процессы миграции солей на равнинах восточной Туркмении и западного Узбекистана в неогене // Древние почвы пустынь Средней Азии. - М., Изд-во АН СССР, 1959.
13. Рабочев И.С. Мелиорация засоленных почв. – Ашхабад: Туркмениздат, 1964.
14. Рамазанов А.Р., Насонов В.Г. Современные проблемы повышения плодородия засоленных почв // Водные ресурсы Арала и окружающая среда. - Ташкент, 2000.
15. Рекс Л.М. Прогноз переноса солей // Гидротехника и мелиорация. – 1972. - № 10.
16. Хасанов А.С. Гидрогеохимия мезозойских отложений Амударьинского артезианского бассейна. – Ташкент: Фан, 1978.
17. Ходжибаев Н.Н. Естественные потоки грунтовых вод Узбекистана. – Ташкент: Фан, 1978.
18. Ходжибаев Н.Н., Нейман Б.Я. Гидрогеологическое обоснование ирригационно-мелиоративных мероприятий. – Ташкент: Фан, 1982.
19. Bear Jacob Hydraulics of ground water. - New York, 11a Graw-Hill, 1979.
20. Brooks R.N. Corey A.T. Hydraulic properties of porous media. Hydrology paper № 3, Dept, Civil Engineering. Colorado State University. Fort Collins. Colo. 1964.
21. Gardner W.R. Some steady state solutions of the unsaturated moisture flow equation with applications to evaporation from a water table // Soil Science, 1958, V.85, № 4.
22. Scheidegger A.E. General theory of dispersion in porous media // J. Geophys Res, 1966, №10.
23. Smith L., Schwartz F. Mass transport, 1: A stochastic analysis of macroscopic dispersion. Water Resources Res. 1980, 16 (2)

МЕТОДИКА ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ БАСЕЙНА РЕКИ АМУДАРЬЯ

Насрулин А.Б.

(Институт водных проблем АН РУ)

Численность населения Узбекистана превышает 25 млн человек и более 60 % из них проживает в сельской местности. В республике почти 90 % всех сельскохозяйственных культур выращивается на орошаемых землях. В настоящее время сельское и водное хозяйство Узбекистана находится на стадии коренного реформирования. Осуществляется реструктуризация земле- и водопользования, внедряются правовые аспекты собственности, формируются рыночные структуры. В связи с этим актуальным становится использование программно-технического обеспечения и географических информационных систем (ГИС) для получения информации о существующих проблемах в конкретных районах и на конкретных гидротехнических сооружениях. Для районов требуются краткосрочные и среднесрочные прогнозы гидрологической и гидрохимической ситуаций, на основании которых разрабатываются планы развития сельского хозяйства. Гидротехнические сооружения можно классифицировать по их важности для сельского хозяйства на основе анализа гидрологической и гидрохимической ситуаций с помощью Системы поддержки принятия решений (СППР), что позволит проводить реконструкцию в первую очередь тех объектов, срок амортизации которых подошел к концу. При этом прогнозирование гидроэкологической ситуации имеет большое значение для определения наиболее изношенных объектов. Необходимость гидроэкологического мониторинга бассейна Аральского моря, в том числе бассейна р. Амударья обоснована значительным загрязнением поверхностных и грунтовых вод в различных частях бассейна и общей недостаточностью самих водных ресурсов. Здесь использование СППР поможет объединить разноплановую информацию, которая сегодня не всегда доходит до потребителя. Например, водопользователи для составления планов имеют информацию только по конкретным компонентам, тогда как она нужна в комплексе с компонентами речной экосистемы и социально-экономическими показателями. Необходимо иметь несколько вариантов, учитывающих разные сценарии и модели разных прогнозов, что позволит экономить водные ресурсы [8]. В 2003 г. автор ознакомился с общеевропейским проектом по созданию СППР при управлении водными ресурсами на примере бассейна р. Эльба [9]. В рамках проекта было выполнено экономическое обоснование использования водных ресурсов для хозяйственных целей с учетом всех особенностей экосистемы Эльбы. В этом же году НИЦ МКВК в рамках проекта НАТО была составлена СППР для водного бассейна Южного Приаралья [10]. Мы начали работу по адаптации методики немецких ученых к нашим климатическим условиям, используя разработанные схемы НИЦ МКВК и дополнив их методикой гидроэкологического мониторинга Института водных проблем (ИВП) АН РУз.

Методы и материалы для формирования блока гидрохимического мониторинга р. Амударья

В рамках государственной научно-технической программы ИВП АН РУз «Решение проблем охраны окружающей среды, устойчивого природопользования и обеспечения экологической безопасности» была начата разработка методики гидроэкологического мониторинга качества поверхностных вод бассейна Аральского моря с использованием

ГИС-технологий. В ходе выполнения работ выяснилась необходимость методически обосновать применение для конкретных целей баз данных и ГИС-технологий. Наиболее удобными для практического использования оказались информационные системы, созданные в США и Европе, в первую очередь СППР. Под принятием решений понимается человеческая деятельность, направленная на выбор наилучшего способа достижения поставленной цели. Система поддержки принятия решений (СППР) представляет собой компьютеризированную систему, взаимодействующую с другими системами, которая помогает руководителям принимать решения по вопросам реформирования сельского и водного хозяйства благодаря наличию специализированных банков данных в виде таблиц или карт, составленных на базе ГИС-технологий.

При формировании блока гидрохимического мониторинга следует прежде всего разграничить имеющуюся информацию по территориям, определить возможность использования. Для повышения эффективности использования сельским хозяйством водных ресурсов очень важна информативность, учет их особенностей. Часть СППР уже создана путем обобщения результатов гидрохимических и гидрологических исследований, проведенных в 1980-2002 гг. в дельте р. Амурарья [11], в одну ГИС-базу данных (рис.1).

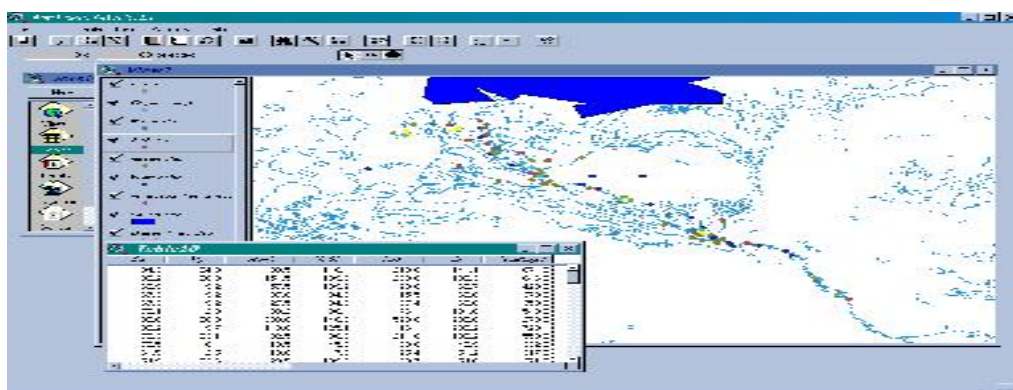


Рис.1. Предварительная карта гидроэкологического мониторинга дельты реки Амурарья

Методика гидроэкологического мониторинга, разработанная Х. Лиетцем и А. Насрулиным [5] и M.Schuter и H.Lieth [12] на базе системы ArcView.GIS 3.1, представляет собой цифровую систему наблюдений и оценки качества поверхностных вод бассейна Аральского моря за 1980-2002 гг., которая позволяет осуществлять одновременно ретроспективный анализ водно-солевого баланса р. Амурарья и оценивать 4 группы гидрохимических компонентов (минерализация, органические вещества, металлы, биоконпоненты) (рис.2).

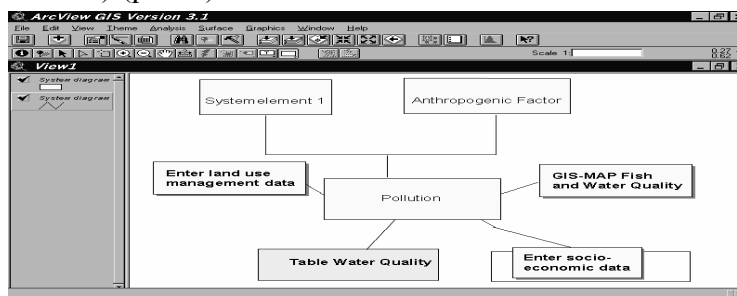


Рис. 2. Пример одного блока Системы поддержки принятия решения, разработанной на основе программы ArcView.GIS 3.1

Были проанализированы многолетние и сезонные гидрологические характеристики коллекторно-дренажных вод 15-и административных районов, обобщены материалы Каракалпакского управления оросительных и мелиоративных систем за 1992-2000 гг. Приведенная цифровая система включает в себя базы данных по конкретным пунктам отбора воды, сохраненные в табличной форме в формате DBF4 (dBASE IV). Активируя курсором на дисплее компьютера этот пункт, помещенный на нашей карте, получаем доступ к базе данных. Информацию о тенденциях изменения качества вод Узбекистана можно получать в двух вариантах: а) в форме гистограмм для 29-и створов, выбранных в качестве основных пунктов и помещенных на карте гидроэкологического мониторинга бассейна Аральского моря и 2) в форме табличных данных, таких как файлы формата dBASE.

Единая система с ГИС-информацией по экосистемам и биоценозам, социально-экономическим, медико-гигиеническим показателям и т.д. позволит создать СППР в виде взаимоувязанных блоков. Открыв этот блок, пользователь получает доступ к объединенным результатам различных научных исследований. Это в основном база данных ГИС, цифровые и текстовые базы данных, которыми можно пользоваться как пространственными инструментами для моделирования, развития сценариев и аналитических целей.

В настоящее время самая востребованная продукция в мире – программное обеспечение и информация. Основная концепция гидроэкологического мониторинга подробно рассмотрена в наших публикациях [3-8,11]. Существует возможность создать системы для внутреннего пользования в соответствующих ведомствах Узбекистана, занимающихся проблемами обеспечения водными ресурсами и нуждающихся в соответственном программном обеспечении и базах данных для решения конкретных задач.

Составные части Системы: 1) техническое обеспечение: компьютер Pentium III с записывающим CD-ROM; цветной сканер; цветной плоттер формата A1; 2) программное обеспечение: пользовательские программы Windows 2000, MS office 2000, Photoshop 6.0. и специальные программы для обработки ArcView.GIS 3.1; 3) доступ в INTERNET для пользователей или локальная сеть

Состав и формат информационных данных Системы: 1) текстовая информация (аннотированные отчеты, инструкции по пользованию); 2) цифровая информация (статистика, таблицы); 3) графическая информация (диаграммы, схемы, карты); 4) векторная информация (пользовательские слои тематических и топографических карт); 5) гиперссылки на файлы, содержащиеся в информационных базах.

Выходные данные системы: 1) изображение; 2) графики; 3) тексты.

Основные параметры: 1) система координат; 2) наполнение слоев электронных карт, растровых и векторных объектов; 3) создание файлов банка данных; 4) графическое отображение исследуемых объектов по технологии GIS; 5) проведение экспериментальных и полевых работ с применением созданной Системы.

Главные компоненты системы гидроэкологического мониторинга бассейна Аральского моря, представляющей собой взаимоувязанные модули, были впервые опубликованы в 1995 г. в сборнике материалов САНИИРИ [1] (рис.3). Подобные системы используются в европейских (рис.4) и узбекских проектах (рис.5).



Рис.3. Главные компоненты системы гидроэкологического мониторинга бассейна Аральского моря (ASBMS) [1-5].

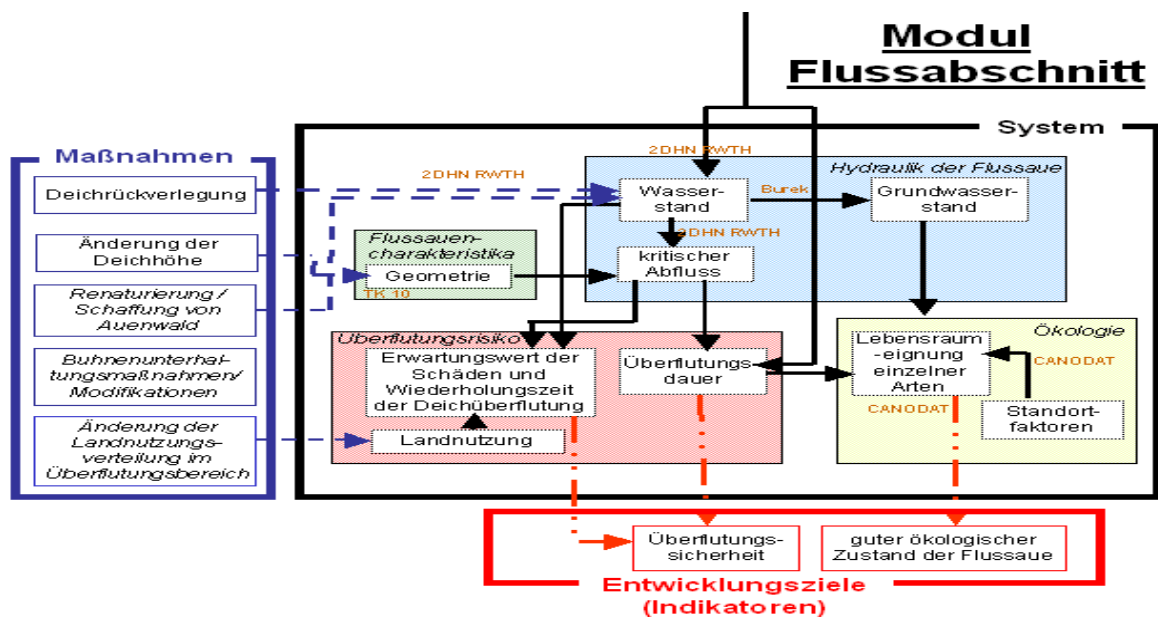


Рис. 4. Пример системы блоков-модулей части р. Эльба и гидроэкологического мониторинга участка р. Эльба [9].

Модуль (блок, подпрограмма) части реки описывает, с одной стороны, экологические связи между рекой и окружающей средой и, с другой, - риск от переполнения дамб. Одно из различий в модуле, что главный сток воды моделируется, что очень важно для условий Узбекистана.



Рис 5. Схема СППР (DSS) проекта SFP NATO 974357 [9].

В 2005 г. методика гидроэкологического мониторинга была дополнена и расширена (рис.6-9).



Рис.6. Входящие и выходящие компоненты модели бассейна реки Амударья

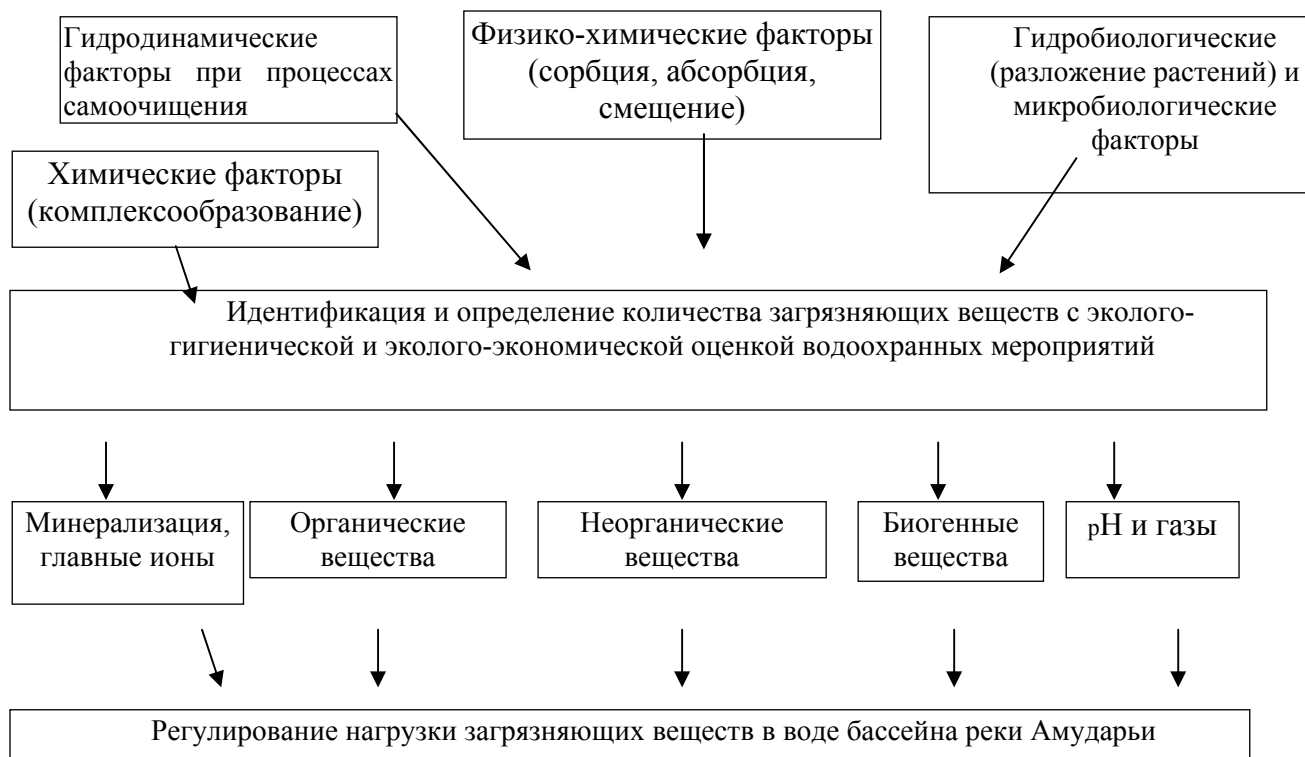


Рис.7. Главные задачи гидроэкологического мониторинга

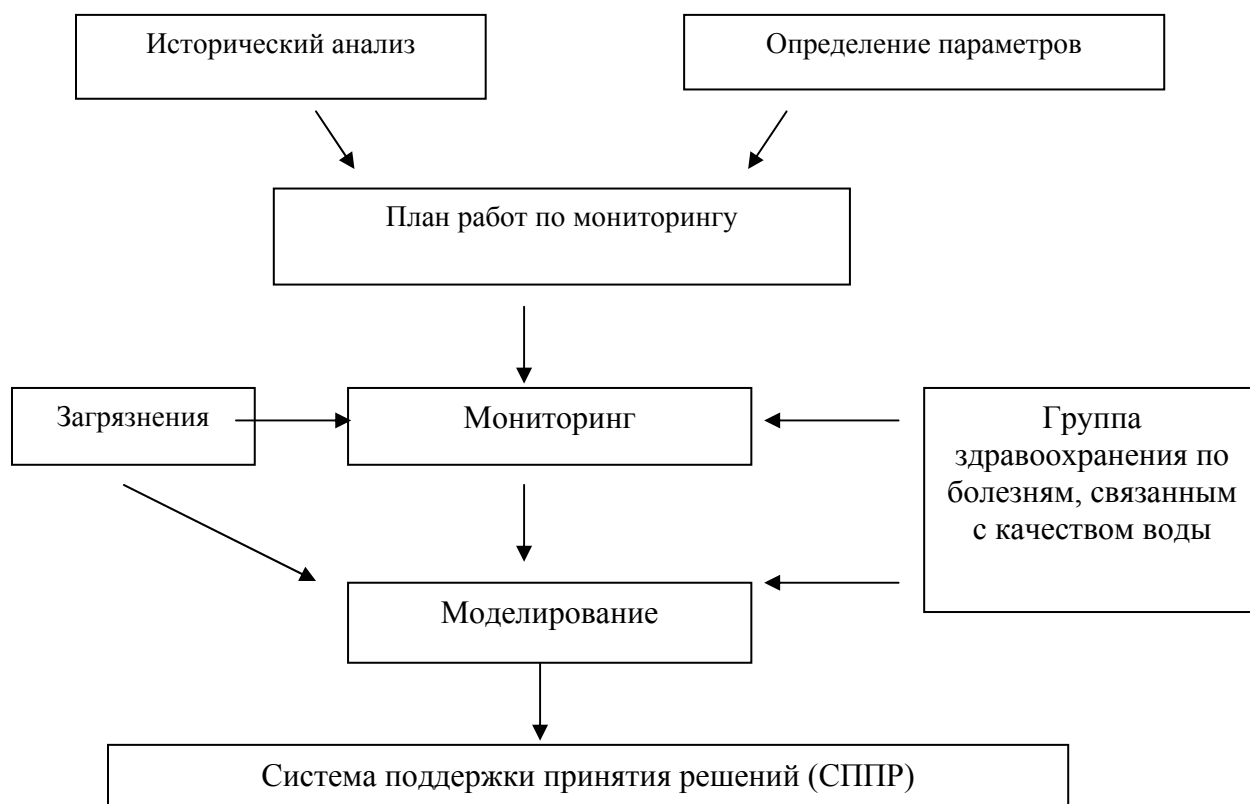


Рис.8. Блок-схема последовательности работ для развития Системы поддержки принятия решений (СППР)



Рис. 9. Общая структура Системы поддержки принятия решений

Технические средства обеспечения доработанной методики включают в себя несколько блоков: а) блок сбора и обработки информации с компьютерным банком данных, картохемами, ГИС-системой; б) блок прогнозов изменения концентрации загрязняющих веществ в воде бассейна Аральского моря с гидрологической оценкой; в) блок гидроэкологического картирования. Все эти компоненты будут представлены в СППР подробно. Каждый потребитель может получить доступ к этой информации, на основании которой сможет разрабатывать прогнозы и модели, что очень важно при технико-экономическом обосновании любых республиканских проектов. Сама информационная база данных была сформирована с учетом воздействия различных факторов на качество воды р. Амударья. Компоненты системы не могут рассматриваться изолированно, хотя каждый блок и модуль имеют самостоятельное значение и содержат несколько взаимоувязанных подблоков и подсистем. Каждый информационный блок, несомненно, имеет коммерческую ценность. Вся программная среда будет представлена таким образом, чтобы будущий потребитель мог сам пополнять базы данных новой информацией.

Основное значение СППР не в том, чтобы потребитель смог получить доступ к новым базам данных. Таких программ в Узбекистане за последние 5 лет появилось уже вполне достаточно. Главное – это то, что с помощью СППР будет возможно разрабатывать прогнозы и модели сценариев (например, для наводнений и засухи), на основании которых можно составлять среднесрочные и долгосрочные планы действий, классифицировать важнейшие гидротехнические сооружения. Нами были разработаны отдельные информационные блоки и методика гидроэкологического мониторинга для СППР при управлении качеством речных вод бассейна р. Амударья. В дальнейшем мы планируем соединить блоки и модули с таковыми, разработанными другими специалистами, с целью более детального изучения и подбора программ мониторинга на территории всей республики с учетом социально-экономических показателей. Создание работающей СППР - межведомственная проблема, которую необходимо решать в тесной координации со всеми заинтересованными организациями.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Насрулин А.Б. Опыт комплексного подхода к изучению качества воды в р.Амударье / Водосбережение в условиях дефицита водных ресурсов. – Ташкент, 1995. – С. 71-73.
2. Nasrulin A., Khamzina A. Use of a model based hydroecological monitoring for managing the Aral Sea Basin/ Annual meeting of the American institute of Hydrology and Hydrogeology, Hydrologic Issues of the 21st Century; Ecology, Environment and Human Health, November 7-11, 1999 San Francisco, California; p 69-70.
3. Насрулин А.Б. Гидроэкологический мониторинг бассейна Аральского моря в целях экологической безопасности // Водные ресурсы. – 2000. - № 1. – С. 109-113.
4. Насрулин А.Б. Захидова М.Р. Опыт создания ГИС-систем гидроэкологического мониторинга бассейна Аральского моря / Узб. журн. «Проблемы механики». - 2002. - № 4. – С. 38-43.
5. Nasrulin, H. Lieth. Elaboration of Systems Hydroecological Monitoring of Aral Sea Basin./ M. Matthies, H. Malchow & J. Kriz (eds.) Integrative Systems Approaches to Natural and Social Dynamics. Springer-Verlag Berlin, ISBN 3-540-41292-1, appr. August 2001. p.249-261.
6. Насрулин А.Б. Гидроэкологические аспекты использования ГИС-технологий при создании систем управления водными ресурсами бассейна Аральского моря // Экологическая устойчивость и передовые подходы к управлению водными ресурсами в бассейне Аральского моря: / Центральноеаз. Междунар. научно-практ. конф. – Алматы, 2003. – С. 194-199.
7. Насрулин А.Б. Лиетц Х. Влияние идей Александра фон Гумбольдта на географический комплексный метод, основы современных ГИС-технологий и систем поддержки решений в Центральной Азии // Историческая роль Александра Гумбольдта и его экспедиций в развитии мировой, региональной и национальной науки: Матер. 2-ой Междунар. конф. Humboldt-Kolleg, 14-16 октября 2004, Алматы, Казахстан. – С. 128-133.
8. Насрулин А.Б. Система поддержки решений (DSS) для управления водными ресурсами на примере бассейна Амударьи // Тезисы докл. конф.: «Проблемы создания ассоциаций водопользователей (АВП) и перехода к гидрографическому принципу управления водными ресурсами при реформировании сельского и водного хозяйства Республики Узбекистан», Ташкент, 4-5 декабря 2003 г. – С. 23-24.
9. Matthies, M., Berlekamp, J., Koormann, F., Wagner, J. O., (2001) Georeferenced regionalsimulation and aquatic exposure aseessment. Wat. Sci. Techn. 43(7), 231-238,.
10. Южное Приаралье- новые перспективы. – Ташкент: НИЦ МКВК, 2003. – 128 с.
11. Савицкий А., Насрулин А.Б. Совместное использование ГИС-технологий и оптимизационных моделей при разработке экологически применимых режимов // Использование географических информационных систем и симуляционных моделей для исследования и принятия решений в бассейнах рек Центральной Азии: Междунар. конф. 6-10 июля, 2004, Ташкент, Узбекистан. – С. 156-161.
12. Schuter M, Lieth H. Use of the GIS-based TUGAI simulation tool to assess ecological effects of alternative water management strategies in the Amudarya river delta / / Use of geographic information systems and simulation models for research and Decision support in Central Asian river basin. HUMBOLDT-KOLLEG, International Conference, July 6-10, 2004. Tashkent. Uzbekistan. Pp. 61-62

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ПО УСТАНОВЛЕННЫМ НОРМАТИВАМ КАЧЕСТВА ВОД ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОБОСНОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ ЭКОСИСТЕМАМИ УЗБЕКИСТАНА

Николаенко В.А, Мацура М.Е.
(САНИИРИ им. В.Д. Журина)

В последние десятилетия растущий спрос на воду привел к интенсивной эксплуатации водных ресурсов Центрально-Азиатского региона. Поэтому на современном уровне необходим экосистемный подход к решению проблемы охраны и рационального использования водных ресурсов с целью обеспечения всех потребителей требуемым количеством воды хорошего качества и сохранения целостности водных экосистем на длительный период.

Для экологически обоснованного управления водными экосистемами, защиты целостности водных экосистем от негативных воздействий необходимо иметь комплексную информацию о существующем состоянии водных источников и нормативах экологического и хозяйственного качества их вод. Такая информация может быть получена при проведении мониторинга качества воды пунктами контроля, установленными на водных объектах, с последующей оценкой их состояния на основе экологических нормативов качества воды. Однако до настоящего времени такие нормативы отсутствовали, а оценка качества воды проводилась только с позиций хозяйственного использования [1-4]. Учитывая вышесказанное, нами была разработана “Комплексная гидроэкологическая классификация поверхностных вод Узбекистана” (КГЭСК). Данная классификация позволяет оценивать экологическое состояние водных объектов, степень загрязненности вод и характеризовать их пригодность для хозяйственных целей в соответствии с установленными физико-химическими и эколого-санитарными параметрами качества. Методическое обоснование этой классификации было опубликовано ранее [5].

КГЭСК включает четыре соподчиненные классификации: по степени солености вод, по оценке экологического состояния водных объектов на основе установленных норм минерализации вод, по соотношению в воде главных ионов и по оценке экологического состояния и степени загрязненности вод по индикаторным эколого-санитарным параметрам.

Оценка состояния водных объектов Узбекистана по солевому составу опубликована в статье данного сборника. В данной статье приводятся результаты оценки экологического состояния основных водных объектов Узбекистана и степени загрязненности их вод по эколого-санитарным параметрам качества. Эколого-санитарная классификация включает 6 оценочных классов экологического состояния (ЭС) водных объектов: I-й – высокое; II-ой – хорошее; III-й – среднее (удовлетворительное); IV-й – низкое; V-й – плохое; VI-ой – очень плохое и соответственно 6 оценочных классов степени загрязненности вод: I-й – очень чистая; II-ой – практически чистая; III-й – слабозагрязненная; IV-й – умеренно загрязненная; V-й – грязная; VI-ой – очень грязная.

Результаты оценки ЭС основных водных артерий Узбекистана – рек Амударья и Сырдарья, а также их притоков для различных периодов многоводных (1998-1999 гг.) и маловодных (2000-2001 гг.) лет представлены в табл.1.

Полученные данные показали, что экологическое состояние рек Амударья и Сырдарья в различные по водности годы оценивается по осредненным показателям как «хорошее» и «среднее». Однако во все периоды для качества водной среды

обнаруживаются параметры риска, соответствующие нормам IV, V и VI класса ЭС. В верхнем течении рек количество параметров риска меньше, чем в среднем и нижнем. Так, если в верхнем течении р. Амударья основными параметрами риска являются нитраты, то в среднем – дополнительно нефтепродукты, фенолы и ХПК, а в нижнем, кроме этого, тяжелые металлы Zn^{2+} , Cr^{6+} .

В верхнем течении р. Сырдарья параметрами риска являются соединения $N-NO_3^-$, Zn , Cr^{6+} , а в среднем течении – дополнительно фенолы, нефтепродукты, ХПК, БПК, $P-PO_4^{3-}$. Притоки Сырдарьи – реки Чирчик и Ахангаран – по экологическому состоянию характеризуются I-м – III-м классами. При этом в верхнем течении это состояние соответствует I-му – II-му классам, а в среднем и нижнем – II-му – III-му классам. Параметрами риска верхнего течения р. Чирчик являются соединения азота, цинка и нефтепродукты; среднего и нижнего – дополнительно фенолы, БПК, ХПК, СПАВ, соединения Cr^{6+} . Экологическое состояние верхнего течения р. Ахангаран соответствует II-му классу. Параметрами риска здесь являются $N-NO_3^-$, Zn , Cr^{6+} , ХПК, БПК, и нефтепродукты, а в среднем и нижнем течении, кроме этого, – СПАВ.

В целом, по осредненным показателям качества, загрязненность воды исследуемых рек изменяется от практически чистой (верхнее течение притоков рек Амударья и Сырдарья) до слабозагрязненных (среднее и нижнее течение рек). Однако по отдельным показателям, входящим в группу параметров риска, вода относится к классу умеренно загрязненной и грязной.

Следует отметить, что экологическое состояние водных объектов связано с их экологической устойчивостью. Поэтому на основании КГЭСК была разработана “Классификация состояний экологической устойчивости водных объектов по эколого-санитарным параметрам”, включающая три класса:

- I – стабильное базовое состояние (СБС ЭУ);
- II – напряженное базовое состояние (НБС ЭУ);
- III – нарушенное состояние (НСЭУ).

С экологических позиций водные экосистемы I-го класса ЭУ характеризуются стабильностью нормального функционирования структуры биоценоза. Водные экосистемы II-го класса ЭУ имеют усложненную структуру биоценоза, способствующую увеличению его разнообразия и частичной перестройки. Водные экосистемы III-го класса ЭУ подвергаются упрощению структуры биоценоза вследствие экологического регресса, перестройки структуры, замедления процессов продуцирования и торможения активности биоценозных компонентов, приводящей к элиминации.

Результаты оценки ЭУ рек Амударья, Сырдарья и их притоков показали, что в различные периоды года ЭУ этих водотоков изменяется по протяженности в пределах стабильного – нарушенного состояний (I-й – III-й классы ЭУ). По среднегодовым значениям, в верхнем течении рек преобладает I-й класс ЭУ, а в среднем и нижнем I-й – II-ой классы (табл. 2).

Анализ состояния качества воды исследуемых рек Узбекистана за 1996 – 2003 гг. и оценка их пригодности для хозяйственного использования (хозяйственно-питьевое водопользование, рыбохозяйственные цели, орошение) позволили выявить те параметры качества, концентрация которых превышает стандартные нормы. Для водоемов хозяйственно-питьевого назначения – это минерализация, содержание хлоридов и сульфатов, органических веществ (ХПК, БПК), фенолов; для водоемов рыбохозяйственного использования – фенолы, нефтепродукты, тяжелые металлы, пестициды; для оросительной воды – минерализация и главные ионы (табл. 3).

Таким образом, результаты оценки ЭС водных объектов Узбекистана и хозяйственного качества их вод показали достаточно высокую загрязненность различных по генезису водных источников. Поэтому в настоящее время главной проблемой является оздоровление с учетом реальных возможностей водоемов и водотоков по принципу

экологической целесообразности, заключающемся в поддержании в водных экосистемах такого природно-антропогенного равновесия, при котором возможно получать максимальные экологический, социальный и экономический эффекты в течение достаточно длительного времени. Эта проблема может быть решена при условии экологически обоснованного управления водными ресурсами, учитывающего оптимальное удовлетворение потребностей водопользования и обеспечение экологического благополучия водных объектов в соответствии с установленными нормативами и экологическими ограничениями.

Разработанная нами на экологической основе система комплексной оценки качества поверхностных вод позволяет получать оперативную информацию, необходимую для планирования соответствующих природоохранных мероприятий и решения проблем, связанных с экологически обоснованным управлением водными ресурсами.

Инспекционное обследование и анализ современного экологического состояния поверхностных вод бассейна Аральского моря позволили разработать комплекс первоочередных водоохранных мероприятий для улучшения создавшейся негативной ситуации. Эти мероприятия предусматривают проведение ряда организационных, инженерных, агротехнических, гидротехнических и лесомелиоративных работ.

1. Организационные мероприятия должны быть направлены на исключение возможности попадания загрязняющих веществ в водные объекты вследствие нарушения промышленными предприятиями установленных норм предельно допустимых сбросов. В сельскохозяйственном секторе сброс возвратных вод с орошаемых земель в реки и водохранилища должен проводиться на основе расчетов разбавления вод до экологически допустимых норм.

В связи с организацией БУИС рекомендуется создать на базе Гидрогеолого-мелиоративных экспедиций “Бассейновые экологические службы” (БЭС), в задачу которых входило бы проведение мониторинга качества водно-земельных ресурсов не только по минерализации воды и содержанию в ней главных ионов, но и по индикаторным эколого-санитарным параметрам. Это позволит управлять не только количеством оросительных и коллекторно-дренажных вод, но и их качеством с учетом физико-химического состава орошаемых земель и выращиваемой сельскохозяйственной продукции, а также определять объемы возможного внутрисистемного использования КДВ и объемы их сбросов в водные источники без нарушения экологического качества вод.

2. Инженерные мероприятия должны предусматривать организацию водоохранных зон и прибрежных водоохранных полос как на малых реках (притоках), так и непосредственно вдоль основных рек и крупных каналов бассейна. Необходимость таких мероприятий обусловлена тем, что по берегам рек и ряда крупных каналов расположены жилищные и дачные постройки без канализационной системы, а также животноводческие фермы и ряд предприятий, способствующих загрязнению водных источников. Все жилые и производственные постройки следует перенести на расстояние не менее 500 м от береговой линии рек и не менее 400 м от береговой линии крупных каналов. Прибрежные водоохранные полосы главных рек должны иметь ширину 100 м, а крупных каналов - от 50 до 100 м в зависимости от характера рельефа, искусственных и естественных преград (дороги, пастбища, лесные угодья и др.).

3. Агротехнические мероприятия должны быть направлены на выполнение нормативных агротехнических приемов по возделыванию сельскохозяйственных культур. К ним относятся мероприятия по контролю за применением оптимальных норм удобрений с учетом возделываемых культур и содержания питательных веществ в почве; использованием пестицидов кратковременного действия и применением биопрепаратов (энтомофаги и полевые насекомые); оптимальным использованием оросительных вод с учетом их качественного состава.

4. Гидротехнические водоохранные мероприятия должны включать противоэрозионную обработку берегов водохранилищ, рек и прилегающих территорий. Берегоукрепительные работы необходимо выполнять в первую очередь по берегам крупных рек и каналов. В бассейнах рек также требуется провести реконструкцию части ирригационной сети с созданием противоэрозионных гидротехнических сооружений.

5. Лесомелиоративные водоохранные мероприятия необходимо выполнять для борьбы с водной и ветровой эрозией прежде всего на предгорных территориях, а также по берегам рек и каналов.

Важным мероприятием по сохранению экологической устойчивости рек бассейна является проведение мониторинга соблюдения установленных норм санитарно-экологического попуска по главным рекам бассейна.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Государственный стандарт Узбекистана. «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль качества», O'z DSt 950:2000. - Ташкент, 2000.

2. Государственный стандарт Узбекистана. Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора. O'z DSt 95:2000. - Ташкент, 2000.

3. Обобщенный перечень предельно-допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочных безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воде рыбохозяйственных водоемов. - М.: 1990.

4. Хосровянц И.Л., Чембарисов ЭИ. О методологии оценки качества воды для орошения // Проблемы опреснения минерализованных вод для с.-х. водоснабжения., М.: Союзводпоект, 1988. - С. 55-61.

5. Николаенко В.А. Методы оценки качества воды в водных объектах, их совершенствование и система контроля // Экологическая устойчивость и передовые подходы к управлению водными ресурсами в бассейне Аральского моря (Центральноазиат. междун. науч.-практ. конф. WATER@ECO, ALMATY, 2003. - С. 319 – 331.

Таблица 1 - Оценка экологического состояния водных объектов Узбекистана

№№ п/п	Водный объект, створ и параметры риска	Многоводные годы		Маловодные годы	
		НП	ВП	НП	ВП
1	2	3	4	5	6
1	Р.Амударья:				
1.1	Термез	Хорошее	Хорошее	Хорошее	Хорошее
	Параметры риска:	N-NO ₃ ⁻	N-NO ₃ ; Cr ⁶⁺	N-NO ₃ ⁻	N-NO ₃ ⁻
1.2	Туямуюн	Хорошее	Хорошее	Хорошее - среднее	Хорошее - среднее
	Параметры риска:	N-NO ₃ ⁻	Нефтепродукты (Н)	N-NO ₃ ⁻	ХПК, фенолы, Н
1.3	Саманбай	Хорошее - среднее	Хорошее	Хорошее - среднее	Хорошее - среднее
	Параметры риска:	N-NO ₃ ; Cr ⁶⁺	N-NO ₃ ⁻ ; Cr ⁶⁺	N-NO ₃ ; ХПК; Zn; Cr ⁶⁺	N-NO ₃ ; ХПК; Zn; Cr ⁶⁺
1.4	Русловое водохранилище	Хорошее - среднее	Хорошее - среднее	Хорошее - среднее	Хорошее - среднее
	Параметры риска:	N-NO ₃ ; ХПК;	N-NO ₃ ; P-PO ₄ ; ХПК; фенолы	N-NO ₃ ; ХПК; фенолы	N-NO ₃ ; P-PO ₄ ; нефтепродукты
1.5	Капарасское водохранилище	Хорошее - среднее	Хорошее - среднее	Хорошее	Хорошее
	Параметры риска:	N-NO ₃ ; ХПК;	N-NO ₃ ; ХПК;	N-NO ₃ ; ХПК	N-NO ₃ ; P-PO ₄
2	Сырдарья:				
2.1	Каль	Хорошее	Хорошее	Хорошее	Хорошее
	Параметры риска:	N-NO ₃ ; Zn; Cr ⁶⁺	N-NO ₃ ; Cr ⁶⁺	N-NO ₃ ⁻	N-NO ₃ ⁻
2.2	г.Бекабад	Хорошее	Хорошее - среднее	Хорошее	Хорошее
	Параметры риска:	Фенолы; нефтепродукты	Cr ⁶⁺ ; фенолы	N-NO ₃ ; ХПК; фенолы; Н	N-NO ₃ ; БПК _{полн.} ; Cr ⁶⁺ ; Н
2.3	Чиназ	Хорошее	Хорошее	Хорошее	Хорошее
	Параметры риска:	-	P-PO ₄ ; Zn; Cr ⁶⁺ ; фенолы	N-NO ₃ ; БПК; Cr ⁶⁺ ; Н	N-NO ₃ ; Cr ⁶⁺
3	Р.Чирчик:				
3.1	Выше г.Газалкент	Высокое - хорошее	Хорошее	Высокое - хорошее	Хорошее
	Параметры риска:	Zn	Zn	N-NO ₃	N-NH ₄ ; N-NO ₃ ; P-PO ₄ ; Н
3.2	Ниже сбросов УзКТМЖ	Хорошее	Хорошее	Хорошее - среднее	Хорошее - среднее
	Параметры риска:	N-NO ₃ ; фенолы	Cr ⁶⁺ ; нефтепродукты	N-NH ₄ ; N-NO ₃ ; Zn; Cr ⁶⁺ ; фенолы; Н	N-NH ₄ ; N-NO ₃ ; БПК; Zn; Cr ⁶⁺ ; фенолы; Н
3.3	Ташкент, ниже Серг. КСМ	Хорошее - среднее	Хорошее - среднее	Хорошее	Хорошее - среднее
	Параметры риска:	N-NO ₃ ; БПК _{полн.} ; нефтепродукты	БПК _{полн.} ; Cr ⁶⁺	N-NO ₃ ; Zn; СПАВ	N-NO ₃ ; БПК _{полн.} ; ХПК; Н
3.4	П.Чиназ	Хорошее - среднее	Хорошее	Хорошее	Хорошее
	Параметры риска:	N-NO ₃ ; Cr ⁶⁺ ; нефтепродукты	Cr ⁶⁺	N-NO ₃ ; P-PO ₄ Zn; Cr ⁶⁺	N-NO ₃ ; Zn
4	Р.Ахангаран: ниже				
4.1	Аханг. плотины	Хорошее	Хорошее	Хорошее	Хорошее
	Параметры риска:	N-NO ₃ ; Zn	БПК _{полн.} ; Zn; ХПК; Cr ⁶⁺ ; нефтепродукты	N-NO ₃ ; БПК _{полн.}	N-NO ₃ ; БПК _{полн.} ; нефтепродукты
4.3	Устье реки	Хорошее - среднее	Хорошее - среднее	Хорошее - среднее	Среднее
	Параметры риска:	N-NO ₃ ; БПК _{полн.} ; Zn	БПК _{полн.} ; Zn	N-NO ₃ ; БПК _{полн.} ; ХПК; Zn; фенолы	N-NO ₃ ; БПК _{полн.} ; Cr ⁶⁺ ; фенолы; нефтепродукты

Таблица 2 Состояние экологической устойчивости водных объектов РУз.

№ п/п	Водный объект, створ	Классы состояния экологической устойчивости по эколого-санитарным параметрам							
		Многоводные годы				Маловодные годы			
		НП		ВП		НП		ВП	
		Пределы	Сред- ние	Пределы	Сред- ние	Пределы	Сред- ние	Пределы	Сред- ние
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	р.Амударья:								
1.1	Термез	I - III	I	I - III	I	I - III	I	I - III	I
1.2	Туямуюн	I - III	I	I - III	I	I - III	I - II	I - III	I - II
1.3	Саманбай	I - III	I - II	I - III	I - II	I - III	I - II	I - III	I - II
2	Русловое водохранилище	I - III	I - II	I - III	I - II	I - III	I - II	I - III	I - II
3	Капарасское водохранилище	I - III	I - II	I - III	I - II	I - III	I - II	I - III	I - II
4	р.Сырдарья:								
4.1	Каль	I - III	I	I - III	I	I - III	I	I - III	I
4.2	Бекабад	I - III	I - II	I - III	I	I - III	I - II	I - III	I
4.3	Чиназ	I - III	I	I - III	I - II	I - III	I	I - III	I
5	р.Чирчик:								
5.1	Выше г.Газалкент	I - III	I	I - III	I	I - III	I	I - III	I
5.2	Ниже сбросов УзКТЖМ	I - III	I	I - III	I	I - III	I - II	I - III	I - II
5.3	Ниже сбросов Сергели КСМ	I - III	I - II	I - III	I - II	I - III	I	I - III	I - II
5.4	Чиназ	I - III	I - II	I - III	I	I - III	I	I - III	I
6	р.Ахангаран:								
6.1	Ниже Ахангаранского водохранилища	I - III	I	I - III	I	I - III	I	I - III	I
6.2	Ниже Тюябугузского водохранилища	I - III	I	I - III	I - II	I - III	I	I - III	I
6.3	Устье реки	I - III	I - II	I - III	I - II	I - III	I - II	I - III	II

Примечание: Классы экологической устойчивости:

I - стабильное базовое состояние;

II - напряженное базовое состояние;

III - нарушенное состояние.

Таблица 3 - Параметры, превышающие стандарты качества воды водных объектов Узбекистана (1996-2003 гг.).

№ п/п	Водные объекты	Основные параметры превышающие ПДК			Принадлежность к вилояту
		для водоемов хозяйственно-питьевого водопользования	для рыбохозяйственных целей	для орошения	
1	2	3	4	5	6
1.	Р.Амударья				
	- ств. Термез	Ф, ХПК	Ф, Н, П, Cu	0	Сурхандарьинский
	- ств. Туямуюн	$\Sigma_{\text{и}}, \text{Cl}^-, \text{SO}_4^{2-}, \text{Ф}, \text{БПК}, \text{ХПК}, \text{О.Ж.}$	Ф, Н, П, Cu, N-NO ₂	$\Sigma_{\text{и}}, \text{SO}_4^{2-}$	Хорезмский
	- ств. Саманбай	$\Sigma_{\text{и}}, \text{SO}_4^{2-}, \text{Cl}^-, \text{О.Ж.}, \text{Ф}, \text{ХПК}$	Ф, Н, П, Zn, Cu, N-NO ₂ , Hg	$\Sigma_{\text{и}}, \text{SO}_4^{2-}, \text{Cl}^-, \text{Na}^+, \text{Mg}^{2+}$	Каракалпакстан
2.	Туямуюнское водохранилище	$\Sigma_{\text{и}}, \text{SO}_4^{2-}, \text{Cl}^-, \text{Ф}, \text{О.Ж.}, \text{ХПК}$	Ф, Н, П, Zn, Cu	$\Sigma_{\text{и}}, \text{SO}_4^{2-}$	Хорезмский вилоят и Туркменистан
3.	Капарасское водохранилище	$\Sigma_{\text{и}}, \text{О.Ж.}, \text{Ф}, \text{ХПК}$	Ф, П	$\Sigma_{\text{и}}, \text{SO}_4^{2-}$	Хорезмский вилоят и Туркменистан
4.	Междуреченское водохранилище	$\Sigma_{\text{и}}, \text{SO}_4^{2-}, \text{Cl}^-, \text{О.Ж.}, \text{Ф}, \text{БПК}, \text{ХПК}$	Ф, П, Н, Zn, Cu, Hg	$\Sigma_{\text{и}}, \text{SO}_4^{2-}, \text{Mg}^{2+}, \text{Cl}^-, \text{Na}^+$	Приаралье, ККР
5.	Оз. Муйнакский залив	$\Sigma_{\text{и}}, \text{SO}_4^{2-}, \text{Cl}^-, \text{О.Ж.}, \text{Ф}, \text{БПК}, \text{ХПК}$	Ф, П, Н, Zn, Cu	$\Sigma_{\text{и}}, \text{SO}_4^{2-}, \text{Mg}^{2+}, \text{Cl}^-, \text{Na}^+$	Приаралье, ККР
6.	Оз. Рыбачий залив	$\Sigma_{\text{и}}, \text{SO}_4^{2-}, \text{Cl}^-, \text{О.Ж.}, \text{Ф}, \text{БПК}, \text{ХПК}$	Ф, П, Н, Zn, Cu	$\Sigma_{\text{и}}, \text{SO}_4^{2-}, \text{Mg}^{2+}, \text{Na}^+, \text{Cl}^-$	Приаралье, ККР
7.	Озера системы Судочье	не пригодна	Ф, П, Zn, Cu	не пригодна	Приаралье, ККР
8.	Р. Сурхандарья:				
	- ств. Шурчи	Ф, ХПК	Ф, П, Н	0	Сурхандарьинский
	- ств. Джаркурган	Ф, Н, БПК, ХПК	Ф, П, Н	0	Сурхандарьинский
	- ств. Термез (устье)	$\Sigma_{\text{и}}, \text{Ф}, \text{Н}, \text{БПК}, \text{ХПК}$	Ф, П, Н	$\Sigma_{\text{и}}, \text{SO}_4^{2-}, \text{Cl}^-, \text{Mg}^{2+}, \text{Na}^+$	Сурхандарьинский
9.	Р. Зеравшан				
	- среднее течение	Ф, Н, БПК, ХПК	Ф, Н, П, Cu, Pb, Cr, Zn	0	Навоийнский
10.	Куюмазарское водохранилище	$\Sigma_{\text{и}}, \text{Ф}, \text{Н}, \text{О.Ж.}$	Ф, П, Н,	0	Навоийнский
11.	Тудакульское водохранилище	не пригодна	Ф, П, Cu	$\Sigma_{\text{и}}, \text{SO}_4^{2-}, \text{Cl}^-, \text{Mg}^{2+}, \text{Na}^+$	Навоийнский
12.	Озера правобережья Амударьи	не пригодна	Ф, П	$\Sigma_{\text{и}}, \text{SO}_4^{2-}, \text{Cl}^-, \text{Mg}^{2+}, \text{Na}^+$	Бухарский
13.	Оз. Айдар	не пригодна	Ф, П	$\Sigma_{\text{и}}, \text{SO}_4^{2-}, \text{Cl}^-, \text{Mg}^{2+}, \text{Na}^+$	Джизакский
14.	Оз. Тузкан	не пригодна	Ф, П	$\Sigma_{\text{и}}, \text{SO}_4^{2-}, \text{Cl}^-, \text{Mg}^{2+}, \text{Na}^+$	Джизакский

1	2	3	4	5	6
15.	Оз. Арнасай	не пригодна	Ф, П	$\Sigma_{\text{и}}, \text{SO}_4^{2-}, \text{Cl}^-$, Na^+	Джизакский
16.	Р. Нарын	Ф, Cu, N-NO ₂	Ф, П, Cu	0	Наманганский
17.	Р. Карадарья	Ф, Н, N-NH ₄ , Cu	Ф, П, Cu, Н	0	Андижанский
18.	Р. Сырдарья:				
	– верхнее течение	Ф, Н, БПК	Ф, П, Н, Cu	0	Наманганский, Ферганский
	- от Бекабада до Чиназа	$\Sigma_{\text{и}}, \text{SO}_4^{2-}, \text{Cl}^-$, Ф, Н, БПК	Ф, П, Н, Cu, Cr	$\Sigma_{\text{и}}, \text{SO}_4^{2-}$	Ташкентский, Сырдарьинский
19.	Чарвакское водохранилище	БПК, Ф	Ф, Zn, Н, П	0	Ташкентский
20.	Чирчик:				
	- вернее течение	БПК, Ф	Ф, Zn, Н, П	0	Ташкентский
	- среднее течение	БПК, ХПК, Ф	Ф, Zn, Н, П, N-NO ₂ , N-NH ₄	0	Ташкентский
	- нижнее течение	БПК, ХПК, Ф, Н, Hg	Ф, Zn, Н, П, N-NH ₄ , N-NO ₂	0	Ташкентский
21.	Ахангаранское водохранилище	Ф, ХПК, БПК	Ф, Н, П, Cu, Zn, N-NO ₂	0	Ташкентский
22.	Р. Ахангаран:				
	- верхнее течение	Ф, ХПК, БПК	Ф, Н, П, Cu, Zn	0	Ташкентский
	- среднее течение	Ф, ХПК, БПК	Ф, Н, П, Zn, Cu, , N-NO ₂	0	Ташкентский
	- нижнее течение	Ф, ХПК, БПК	Ф, Н, П, Zn, Cu, N-NO ₂	0	Ташкентский
23.	Ташкентское водохранилище	Ф, ХПК, БПК	Ф, Н, П, Zn, Cu, Cr	0	Ташкентский

Примечания: Ф – фенолы; ХПК – химическое потребление кислорода; БПК – биохимическое потребление кислорода; Н – нефтепродукты; П - пестициды; N-NO₂ - азот нитритов; N-NH₄ - азот аммония; О.Ж. - общая жесткость; Na^+ - ион натрия; $\Sigma_{\text{и}}$, - минерализация; Mg^{2+} - ион магния; Cl^- - ион хлора; Zn - цинк; Cu - медь; Hg – ртуть; Cr - хром.

УДК502.654(262.83)

РАЗРАБОТКА НОРМАТИВОВ КАЧЕСТВА ВОДЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ УЗБЕКИСТАНА

Николаенко В.А.
(САНИИРИ им. В.Д. Журина)

Минерализация поверхностных вод Узбекистана является одним из важнейших показателей их пригодности для хозяйственного водопользования и критерием функционирования биоценоза в различной по солености водной среде.

Формирование сложной гидрографической сети из природных и искусственных водотоков и водоемов, возникновение антропогенных потоков химических веществ на локальном, бассейновом и региональном уровнях обусловили изменение экологического

состояния и хозяйственного качества воды практически всех водных объектов бассейна Аральского моря.

Анализ первичной информации по солесодержанию водных объектов РУз позволил выявить закономерность их расположения с учетом физико-географической зональности и степени воздействия антропогенных водохозяйственных факторов. Установлено, что водотоки, расположенные в зоне формирования стока, подвергаются небольшому антропогенному влиянию, поэтому имеют слабо- и среднеминерализованные воды. По мере снижения абсолютных высот минерализация вод возрастает. Это связано с интенсивным потреблением стока рек прежде всего на нужды сельского хозяйства и увеличением антропогенных нагрузок на реки - сбросами в них возвратных высокоминерализованных вод. Так, расчет количества соли, переносимой дренажными водами, показал, что участок р. Амударья между Нурекским водохранилищем и местом ее слияния с р. Вахш получает около 8,5 млн. т солей ежегодно, а р. Пяндж – до 0,8 млн. т. На участке реки между местом слияния рек Вахш и Пяндж и Туямуонским водохранилищем в нее сбрасывается до 16,5 млн. т солей. Ниже водохранилища Туямуон в речную воду дополнительно попадает еще 1,6 млн. т солей [1]. В р. Сырдарья ежегодно сбрасывается от 10 до 14 млн. т солей.

В настоящее время ирригационная система Узбекистана включает в себя 320 тыс. км оросительных и коллекторно-дренажных каналов. Сельское хозяйство использует более 80% всего объема водозабора. Число частных фермерских хозяйств достигло 82 тыс. В 2002 г. было реструктуризировано 83 ширкатных хозяйства, а в 2003г. - еще 177 [2]. В перспективе в связи с ростом площади орошаемых земель и, соответственно, увеличением объемов сброса возвратных вод следует ожидать увеличения антропогенной нагрузки на водные источники. Из вышесказанного, становится очевидным, что для достижения стабильного обеспечения качественной водой всех водопользователей и сохранения устойчивого экологического состояния водных объектов необходим экосистемный подход к решению проблемы охраны водных источников от засоления. Решение этой комплексной проблемы требует разработки стандартов (нормативов) по содержанию солей в водотоках и водоемах, которые позволят определять солевой порог допустимого антропогенного воздействия на водные объекты.

Проведенные в этом направлении исследования позволили разработать нормативы качества воды по минерализации и на их основе создать «Классификацию оценки экологического состояния водных объектов Узбекистана по минерализации воды» (таблица).

Данная классификация включает 5 классов и позволяет оценивать экологическое состояние (ЭС) рек по солености воды на различных ее участках (от верхнего до нижнего течения), а также озер различного типа питания (речного, дренажного, смешанного) и водохранилищ. В качестве примера на рис.1 показаны значения минерализации вод в маловодные годы (2000-2001 гг.) и установленные нормы ЭС по протяженности рек РУз.

Учитывая, что ЭС водных экосистем связано с состоянием их устойчивости, нами также разработана “Классификация экологической устойчивости (ЭУ) водных объектов по минерализации воды”, включающая 3 класса состояний. Водные объекты I-го и II-го классов ЭС соответствуют стабильному базовому (I-й класс ЭУ); III-й класс ЭС - напряженному базовому (II-ой класс ЭУ); IV-й и V-й классы ЭС – нарушенному состоянию ЭУ (III-й класс ЭУ).

Для полной оценки солености водных объектов рекомендуется использовать последовательно три разработанные классификации: “Классификацию водных объектов по степени солености воды” [3]; “Классификацию оценки экологического состояния водных объектов по минерализации воды” и “Классификацию уровней экологической устойчивости водных объектов по минерализации воды”. Для оценки химического состава

вод рекомендуется использовать разработанную О.А. Алекиным “Классификацию водных объектов по ионному составу” [4].

Используя вышеуказанные “Классификации...” проведена оценка солёности, ионного состава вод и экологического состояния водотоков и водоемов Узбекистана за 1998 - 2003 гг., по данным проводимого мониторинга качества вод проводимого Главгидромет РУз и рекогносцировочных гидрохимических исследований САНИИРИ. Полученные результаты показали неоднородность солевого состава поверхностных вод в различных физико-географических зонах и в различные периоды года.

Солёность воды р. Амударья между створами «Термез» и «Кызылджар» в не вегетационный период изменялась от 2-го класса (пресные воды) до 5-го (слабосоленоватые воды), а в вегетационный – от 2-го до 4-го классов (очень слабосоленоватые воды). Солёность воды р. Сурхандарья между верхним и средним ее течением колебалась в пределах 1-го (очень пресные воды) – 3-го (умеренно пресные воды), а в нижнем течении – в пределах 3-го – 5-го классов. Водоемы Приаралья имели больший диапазон солёности вод - от 3-го до 7-го (сильно солоноватые воды) классов. Солёность воды рек и водохранилищ бассейнов Кашкадарьи и Зарафшана близка к таковой р. Сурхандарья (2-й – 5-й классы). Более высокую солёность (от 4-го до 7-го класса) имели воды ирригационно-сбросовых озёр бассейна р. Зарафшан и правобережья р. Амударья. Вода водоемов и водотоков бассейна Сырдарьи имела меньшую солёность, чем таковых бассейна Амударьи. Вода притоков р. Сырдарья относилась к 1-му – 3-му классам, а самой реки от створа «Каль» до створа «Чиназ» в не вегетационный период - к 3-му – 4-му, а в вегетационный - к 2-му – 4-му классам.

Озёра Арнасайской системы имели воду 3-го – 7-го классов солёности. Наиболее солёные воды обнаружены в озёрах Тузкан и Айдар (6-й – 7-й классы в не вегетационный период, 5-й – 7-й – в вегетационный).

По ирригационным каналам транспортируется вода с различной степенью солёности. Каналы, расположенные на подконтрольных БУИС территориях, разделяются по следующим классам солёности: на территории УСМС на территории Ферганской долины до устья Большого Ферганского, Андижанского и Южно-Ферганского каналов 2-го – 3-го и в их устьевой части - 4-го; Нарын-Карадарьинского и Нарын-Сырдарьинского БУИС – 2-го – 3-го; в устьевой части Северо-Ферганского канала – 4-го; Сырдарья-Сохского – 3-го – 4-го; Чирчик-Ахангаранского – 2-го – 3-го; Нижнесырдарьинского - 3-го – 4-го, но в маловодные периоды - 5-го; Зарафшанского и Аму-Сурханского – 2-го – 4-го; Аму-Кашкадарьинского – 2-го – 3-го; Аму-Бухарского – 3-го – 4-го и Нижнеамударьинского – 3-го – 5-го с преобладанием 4-го классов.

Солёность качественной для орошения сельскохозяйственных культур воды соответствует 1-му – 3-му классам (до 1000 мг/л). Как видно из приведенных данных, транспортируемая по каналам оросительная вода не везде соответствует этим показателям, что приводит как к засолению орошаемых земель, так и к снижению урожайности чувствительных к солям сельскохозяйственных культур.

По ионному составу вода р. Амударья неоднородна. В верхнем течении в не вегетационный период маловодных и многоводных лет вода относилась к сульфатному классу, кальциевой и натриево-кальциевой группе; в вегетационный период маловодных лет - к гидрокарбонатному и сульфатному и к сульфатно-гидрокарбонатному; в этот же период многоводных лет - к сульфатному классу. При этом группа воды была одинаковой – кальциевой. В среднем течении реки ионный состав воды соответствовал сульфатному и хлоридно-сульфатному классам и кальциевой, кальциево-натриевой и натриевой группам. Тип воды как в верхнем, так и в нижнем течении реки был одинаковый – II-ой, характеризуемый соотношением ионов $\text{HCO}_3^- < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} < \text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$. В нижнем течении реки класс воды постоянный – сульфатный с превалированием натриевой группы.

В вегетационный период обнаруживалась сульфатно-кальциевая вода III-го типа ($\text{Cl} > \text{Na}^+$). Однако в различные по водности годы преобладал II-й тип воды.

В водоемах Южного Приаралья ионный состав воды характеризовался тремя классами: сульфатным, сульфатно-хлоридным и хлоридным и одинаковой группой – натриевой. При этом преобладал I-ой тип воды и лишь в редких случаях – III-й. В верхнем и среднем течении вода р. Сырдарья относилась к сульфатно-гидрокарбонатному и сульфатному классу и различным группам: кальциевой, кальциево-магниевой, магниевой, кальциево-натриевой и натриево-магниевой. Тип воды во все периоды был постоянный – II-ой. Вода р. Чирчик от верхнего течения до устья относилась к гидрокарбонатному классу и группе кальция, а в устье реки - к гидрокарбонатному и сульфатному классу и кальциевой, кальциево-магниевой и натриевой группам. Тип воды – II-ой. Вода ирригационно-сбросовых озер правобережья Амударьи соответствовала трем классам: сульфатному, сульфатно-хлоридному и хлоридно-сульфатному и относилась к различным группам: магниевой, натриевой, магниево-натриевой и натриево-магниевой. Тип воды – II-ой, реже III-й.

Между степенью солености воды и содержанием в ней главных ионов существует определенная зависимость. В водных объектах, относящихся к 1-му классу солености, преобладают гидрокарбонатные анионы и катионы кальция; ко 2-му классу – гидрокарбонатные, сульфатные анионы и катионы кальция, магния; к 3-му -5-му классам - сульфатные анионы и катионы кальция, магния, натрия; к 6-му – 8-му классам - сульфатные, хлоридные анионы и катионы натрия и магния.

Оценка степени ЭУ по солености основных рек Узбекистана показала неоднородность их состояния как по протяженности, так и по годам с различной обеспеченностью стока.

Река Амударья характеризовалась I-м – III-м классами уровней ЭУ, т.е. состояние варьировало от стабильного (СБС) и напряженного базового (НБС) до нарушенного состояния (НС) ЭУ. При этом в верхнем течении в многоводные годы ЭУ реки соответствовала СБС и НБС, а в маловодные годы – СБС, НБС и НС. В среднем (створ «Термез») и нижнем (створ «Саманбай») течении реки в различные годы обеспеченности стока наблюдалось нарушенное состояние ЭУ.

Реки Сурхандарья, Кашкадарья и Зарафшан в верхнем течении относились к I-му и II-му классам, в среднем – ко II-му, III-му, а в нижнем – преимущественно к III-му классу состояний ЭУ.

Река Сырдарья как в верхнем, так и в среднем течении в многоводные годы характеризовалась I-м – III-м классами уровней ЭУ, а в маловодные – II-м – III-м классами. Ее притоки – реки Нарын и Карадарья в пределах границ республики в многоводные годы относилась к I-му и II-му классам уровней ЭУ, а в маловодные – ко II-му и III-му классам.

Правобережные притоки р. Сырдарья – реки Чирчик и Ахангаран оцениваются I-м – III-м классами уровней ЭУ. В верхнем течении этих рек ЭУ изменялась от СБС до НБС, в среднем и нижнем течении – от НБС до НС.

Во всех исследуемых водохранилищах, также как и в питающих их реках, состояние ЭУ изменялась в пределах I-го – III-го классов. В Дауткульском, Междуреченском, Южносурханском, Гиссарском, Талимарджанском, Каттакурганском, Куюмазарском, Чарвакском и Ахангаранском водохранилищах ЭУ характеризовалась двумя состояниями: СБС и НБС. В других водохранилищах: Туямуюнском, Капарасском, Учкызылском, Чимкурганском, Пачкамарском, Талимарджанском, уровней ЭУ изменялись от НБС до НС.

Ирригационно-сбросовые озера правобережья р. Амударья и озера Приаралья оцениваются I-м – III-м классами уровней ЭУ с преобладанием НБС и НС.

Таким образом, экологическая оценка водных объектов Узбекистана по установленным нормам солености воды показала, что все они нуждаются в защите от нагрузки возвратными водами с орошаемых полей, особенно реки в среднем и нижнем течении и водоемы. Определение объема сбросов коллекторно-дренажных вод (КДВ) в должно проводиться с учетом разработанных нормативов. На современном уровне основные водоохранные мероприятия должны быть направлены на изоляцию возвратных вод от рек и водохранилищ. При этом по правобережью р. Амударья следует продолжить строительство отводящего возвратные воды тракта. В бассейнах других рек необходимо отводить КДВ в ирригационно-сбросовые озера, представляющие собой искусственные водные экосистемы, с использованием их для рыбохозяйственных целей и в качестве прибежища для перелетных птиц.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Носиров Н.К., Муртазов У.И. Гидроэкологические проблемы, возникающие при управлении водными ресурсами республики Таджикистан и их оценка в связи с наблюдаемым изменением климата в Центральной Азии // Экологическая устойчивость и передовые подходы к управлению водными ресурсами в бассейне Аральского моря (Центральноазиат. междун. науч.-практ. конф. WATER@ECO, ALMATY, 2003. - С. 398 – 401.
2. Джалалов А.А. Модернизация системы водного хозяйства, системы водопользования для сельскохозяйственных и промышленных нужд // Тезисы докл. науч.-практ. конф. «Проблемы создания ассоциаций водопользователей и перехода к гидрографическому принципу управления водными ресурсами при реформировании сельского и водного хозяйства Республики Узбекистан». Тошкент, 4 – 5 декабр, 2003 йил.
3. Николаенко В.А. Методы оценки качества воды в водных объектах, их совершенствование и система контроля // Экологическая устойчивость и передовые подходы к управлению водными ресурсами в бассейне Аральского моря (Центральноазиат. междун. науч.-практ. конф. WATER@ECO, ALMATY, 2003. - С. 319 – 331.
4. Алекин О.А. Основы гидрохимии. - Л.: Гидрометеиздат, 1970. - 443 с.

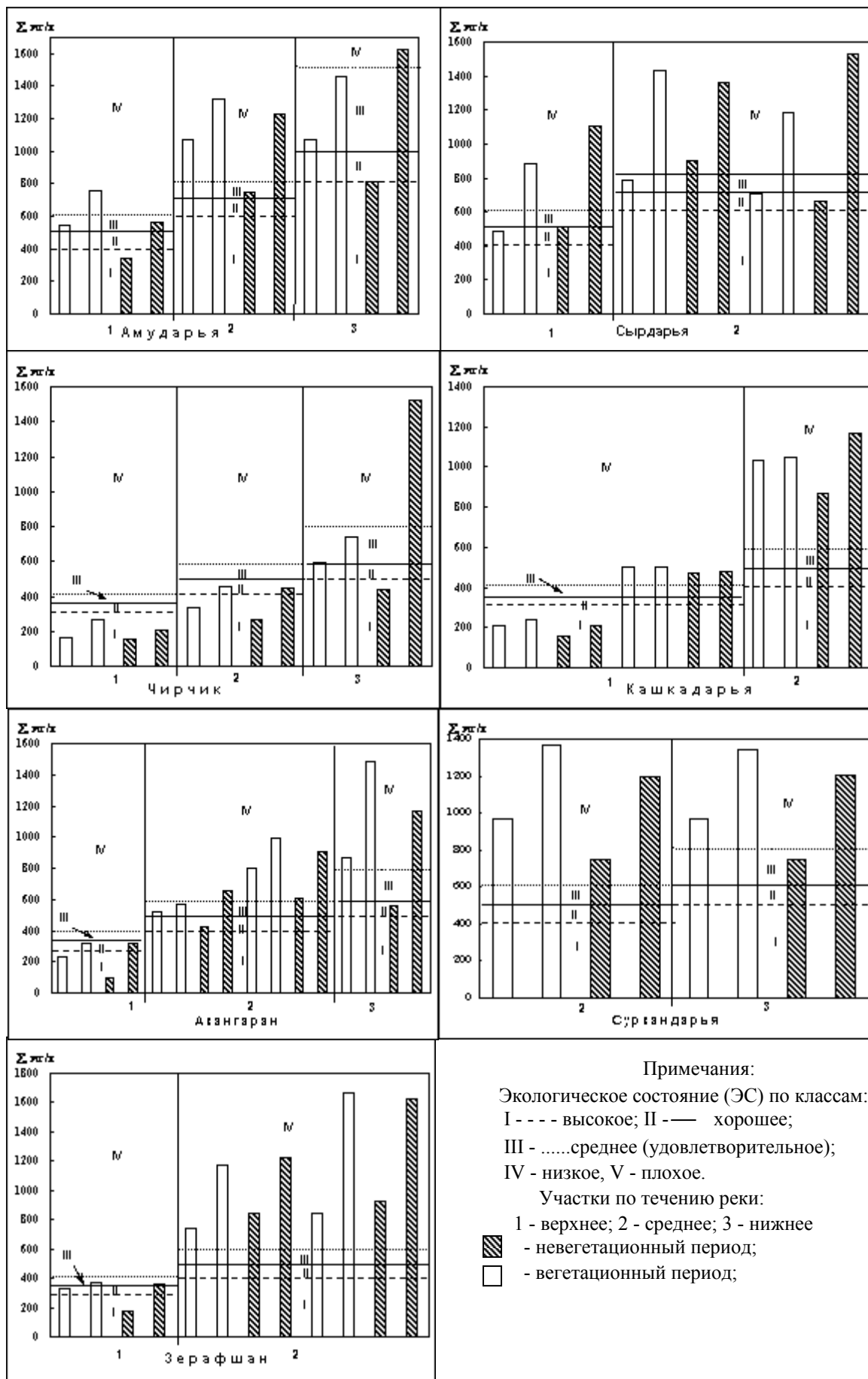


Рисунок - 1 Максимальная и минимальная минерализация воды (2000 - 2001 гг.) и нормы экологического состояния по протяженности рек Узбекистана.

Таблица 1 - Классификация оценки экологического состояния водных объектов РУз по минерализации воды

Класс	Оценка экологического состояния	Участки рек по течению и критерии для минерализации воды, мг/дм ³									
		Крупные реки			Средние реки			Малые реки			
		Верхнее	Среднее	Нижнее	Верхнее	Среднее	Нижнее	Верхнее	Среднее	Нижнее	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
I	Отличное	< 400	< 600	< 800	< 300	< 400	< 500	< 200	< 250	< 300	
II	Хорошее	400 - 500	600 - 700	800 - 1000	300 - 350	400 - 500	500 - 600	200 - 250	250 - 300	300 - 350	
III	Среднее	500 - 600	700 - 800	1000 - 1500	350 - 400	500 - 600	600 - 800	250 - 300	300 - 350	350 - 400	
IV	Плохое	600 - 700	800 - 900	1500 - 2000	400 - 450	600 - 700	800 - 1000	300 - 350	350 - 400	400 - 450	
V	Очень плохое	> 700	> 900	> 2000	> 450	> 700	> 1000	> 350	> 400	> 450	
Продолжение таблицы 1											
Класс	ИС озера Бухарской области	Озера			Водохранилища						
		Приаралья			Капарас, Туямуюн	Учкизил	Тали-марджан	Пачкамар	Чимкурган	Куюмазар	Тудакуль
		I тип	II тип	III тип							
1	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
I	< 2000	< 800	< 1500	< 2000	< 600	< 600	< 400	< 500	< 400	< 700	< 1500
II	2000 - 3000	800 - 1000	1500 - 2000	2000 - 3000	600 - 700	600 - 700	400 - 500	500 - 600	400 - 500	700 - 800	1500 - 2000
III	3000 - 4000	1000 - 1500	2000 - 3000	3000 - 4000	700 - 800	700 - 800	500 - 600	600 - 700	500 - 600	800 - 900	2000 - 3000
IV	4000 - 5000	1500 - 2000	3000 - 4000	4000 - 5000	800 - 900	800 - 900	600 - 700	800 - 1000	600 - 700	900 - 1000	3000 - 4000
V	> 5000	> 2000	> 4000	> 5000	> 900	> 900	> 700	> 1000	> 700	> 1000	> 4000

Примечание: 1 - Крупные реки: Амударья, Сырдарья;

2 - Средние реки: Сурхандарья, Кашкадарья, Зарафшан, Чирчик, Ахангаран;

3 - Малые реки: Пскем, Нарын, Карадарья;

4 - ИС озера: ирригационно-сбросовые озера;

5 - Озера Приаралья: I тип: превалирует речное питание: Дауткульское вдхр, Рыбачий и Муйнакский залив, Думалак, Макпалкуль;

II тип: превалирует смешанное питание (речное и КДВ): Караджарская система, Джилтырбас;

III тип: превалирует питание КДВ: Озера системы Судочье.