

**Научно-информационный центр
Межгосударственной координационной
водохозяйственной комиссии Центральной Азии
(НИЦ МКВК)**



Сборник научных трудов

Выпуск 19

Ташкент – 2023

Изложены результаты научно-исследовательских работ, выполненных специалистами Научно-информационного центра МКВК и партнерских организаций в 2022 году.

Под редакцией Зиганшиной Д.Р.

Сборник подготовили к печати:
Муминов Ш.Х., Назарий А.М., Беглов И.Ф.

© НИЦ МКВК, 2023 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Реализация программы R по исходным данным проекта WUFMAS Стулина Г.В., Кенжабаев Ш.М.	5
Оценка современного состояния дренажных вод в Узбекистане Мухамеджанов Ш.Ш.....	19
Внедрение водосберегающих технологий орошения в странах Центральной Азии Сагдуллаев Р.Р.	28
Мелиоративный мониторинг орошаемых земель на основании применения ГИС технологий Долидудко А.И.	37
Рекомендации по управлению водными ресурсами бассейна реки Амударья Сорокин Д.А., Сорокин А.Г.	49
Амударья – дело тонкое! Рысбеков А.Ю.....	57

Реализация программы R по исходным данным проекта WUFMAS

Стулина Г.В., Кенжабаев Ш.М.

Цель исследования – продемонстрировать возможности работы программы R с данными и получить результаты для дальнейшего анализа сельхозпроизводства.

Введение

В данной статье приводятся результаты обработки данных сельхозпроизводства с использованием программы R.

В качестве исходных использованы данные, полученные в проекте «Водопользование и сельскохозяйственное производство в республиках Центральной Азии» (WUFMAS), части проекта WARMAP (TACIS project, 1996-2000). Возврат к проекту WARMAP объясняется наличием уникальных данных, полученных в результате исследований в процессе выполнения указанных проектов. Уникальность данных заключается в методике их отбора.

В проекте была получена большая база данных, гарантировано достоверных, так как собирались экспертами при личном их участии в ходе ежедневных наблюдений и фиксации всех деталей сельскохозяйственного производства.

Объекты исследований

В проекте WUFMAS в 1996 было начато систематическое измерение использования факторов производства и выхода продукции на опытных полях в 36 опытных хозяйствах, которые располагались по всему бассейну Аральского моря, согласно распределению орошаемых земель.

Методика

Методика сбора данных

Данные по хозяйствам собирались раз в год, ежемесячно. На каждом опытном поле были намечены пять опытных участков, на которых проводились агрономические измерения (включая собранный с этих участков урожай). Также фиксировались данные о собранном урожае со всего поля по записям, которые велись в хозяйстве. Все эти данные заносились в специальный комплект таблиц с помощью кодов, которыми обозначались использованные материалы, машины и механизмы, операции на культурах и собранная продукция.

На каждом поле были проведены почвенные изыскания и периодически отбирались образцы почвы. Пробы оросительной, дренажной и грунтовой воды отправлялись с этих полей на анализ в лабораторию САНИИРИ¹. С ближайших к хозяйствам метеостанций собирались среднемесячные климатические данные, а данные по испарению с испарителя и по осадкам измерялись техниками непосредственно в хозяйствах.

Заполненные таблицы ежемесячно представлялись в центральный офис проекта для ввода данных в базу данных WUFMAS в среде MS Access. Эта база данных в настоящий момент имеет большой объем информации по сельхозпроизводству и является полезным инструментом для планирования на уровне хозяйств и на национальных уровнях, а также для развития частного коммерческого сектора. Ниже представлены обобщение и анализ некоторых из имеющихся данных.

Метод R

R — язык программирования для статистической обработки данных и работы с графикой, а также свободная программная среда вычислений с открытым исходным кодом в рамках проекта GNU. Широко используется как статистическое программное обеспечение для анализа данных и фактически стал стандартом для статистических программ.

¹ Среднеазиатский научно-исследовательский институт ирригации им. В.Д. Журина

Скрипт для корреляции агротехнических параметров культуры в программе R

1. Активизации нужных пакетов:

```
library(Hmisc)
```

```
library(corrplot)
```

```
library(PerformanceAnalytics)
```

2. Открытые данных в формате.csv:

```
wms <-read.csv("F:/R/exr6/WUFMAS.csv")
```

3. Общие сведения о данных в квантилях:

```
summary(wms)
```

4. Выборка матрицу данных

```
wt<- as.matrix(wms[1:58,2:12])
```

5. Получение коэффициента корреляции Пирсона:

```
cor<-cor(wt)
```

```
cor
```

6. Получение коэффициента корреляции и значения *p*:

```
res<-rcorr(wt)
```

```
res
```

7. График корреляции и значения *p*:

```
chart.Correlation(wt, histogram=TRUE, pch=10) # to plot cor. & p-value  
as mat.
```

8. График только корреляции:

```
corrplot(cor, type="upper", order="hclust", tl.col="black", tl.srt=45)
```

Корреляция – это мера степени и направления связи между значениями двух переменных, статистический показатель вероятности связи между двумя переменными, измеренными в количественной величине.

Коэффициент Пирсона – это мера корреляции, подходящая для двух непрерывных (метрических переменных), измеренных на одной и той же выборке корреляционного анализа. Проводится для проверки гипотезы о связях между переменными с использованием коэффициентов

Значение p – это вероятность, которая рассматривается как числовая мера объективной возможности осуществления некоторого события при единичном испытании. Согласно классическому определению, вероятность события выражается отношением числа благоприятствующих осуществлению этого события исходов m к числу всех равновозможных и несовместных исходов n . Значение p – это, буквально, мера вероятности получения статистически значимого результата – статистическая значимость.

Результаты

Расчет по программе R

Были проведены расчеты для основных культур: пшеницы, риса, хлопчатника.

Получены два показателя, матрица значения корреляции и матрица значения R , по результатам построены графики корреляции и значения R для каждой из трех культур.

А. Результаты по пшенице

Матрица корреляции

	area	mech	chem	work	nitr	phos	pots	npkt	watr	seed	yild
area	1.00	0.09	0.32	-0.18	-0.09	0.00	-0.16	-0.75	-0.16	0.10	-0.17
mech	0.09	1.00	0.20	0.07	0.03	0.00	-0.07	0.02	0.09	0.08	-0.20
chem	0.32	0.20	1.00	-0.19	-0.29	0.01	-0.05	-0.44	-0.33	0.12	-0.09
work	-0.18	0.07	-0.19	1.00	0.18	0.32	-0.06	0.29	0.49	-0.30	0.16
nitr	-0.09	0.03	-0.29	0.18	1.00	-0.11	-0.06	0.37	0.31	0.17	-0.10
phos	0.00	0.00	0.01	0.32	-0.11	1.00	-0.05	0.06	0.02	0.06	0.10
pots	-0.16	-0.07	-0.05	-0.06	-0.06	-0.05	1.00	0.29	-0.15	0.00	-0.19
npkt	-0.75	0.02	-0.44	0.29	0.37	0.06	0.29	1.00	0.22	-0.12	0.06
watr	-0.16	0.09	-0.33	0.49	0.31	0.02	-0.15	0.22	1.00	-0.10	0.11
seed	0.10	0.08	0.12	-0.30	0.17	0.06	0.00	-0.12	-0.10	1.00	0.06
yild	-0.17	-0.20	-0.09	0.16	-0.10	0.10	-0.19	0.06	0.11	0.06	1.00

Матрица значения r

	area	mech	chem	work	nitr	phos	pots	npkt	watr	seed	yild
area		0.4860	0.0152	0.1674	0.5089	0.9963	0.2406	0.0000	0.2303	0.4780	0.2092
mech	0.4860		0.1227	0.5895	0.8341	0.9925	0.5986	0.9078	0.5201	0.5301	0.1368
chem	0.0152	0.1227		0.1483	0.0249	0.9504	0.6868	0.0005	0.0110	0.3612	0.4811
work	0.1674	0.5895	0.1483		0.1887	0.0138	0.6377	0.0279	0.0001	0.0211	0.2322
nitr	0.5089	0.8341	0.0249	0.1887		0.4261	0.6308	0.0042	0.0174	0.2029	0.4591
phos	0.9963	0.9925	0.9504	0.0138	0.4261		0.7059	0.6715	0.8821	0.6506	0.4583
pots	0.2406	0.5986	0.6868	0.6377	0.6308	0.7059		0.0301	0.2774	0.9924	0.1503
npkt	0.0000	0.9078	0.0005	0.0279	0.0042	0.6715	0.0301		0.1000	0.3510	0.6716
watr	0.2303	0.5201	0.0110	0.0001	0.0174	0.8821	0.2774	0.1000		0.4581	0.4284
seed	0.4780	0.5301	0.3612	0.0211	0.2029	0.6506	0.9924	0.3510	0.4581		0.6344
yild	0.2092	0.1368	0.4811	0.2322	0.4591	0.4583	0.1503	0.6716	0.4284	0.6344	

$n = 58$ – количество использованных данных в программе

Здесь:

area – площадь, га

mech – использование механизмов, час/га

chem – использование агрохимикатов, кг/га

work – использование труда, час/га

nitr – использование азота, кг/га

phos – использование фосфора, кг/га

pots – использование калия, кг/га

npkt – использование удобрения, кг/га

watr – использование воды, тыс.м³/га

seed – использование семян, кг/га

yild – основная продукция на поле (урожайность), т/га

Наибольший интерес представляет собой корреляция между полученной урожайностью и факторами производства. Анализировалось 58 полей.

Величина урожая более отзывчива на использование удобрений, агрохимикатов и особенно на количество семян. В меньшей степени – на затраты техники, что вполне понятно, так как подготовка полей ведется одновременно в хозяйстве, и ручной труд в производстве пшеницы минимальный (рис. 1).

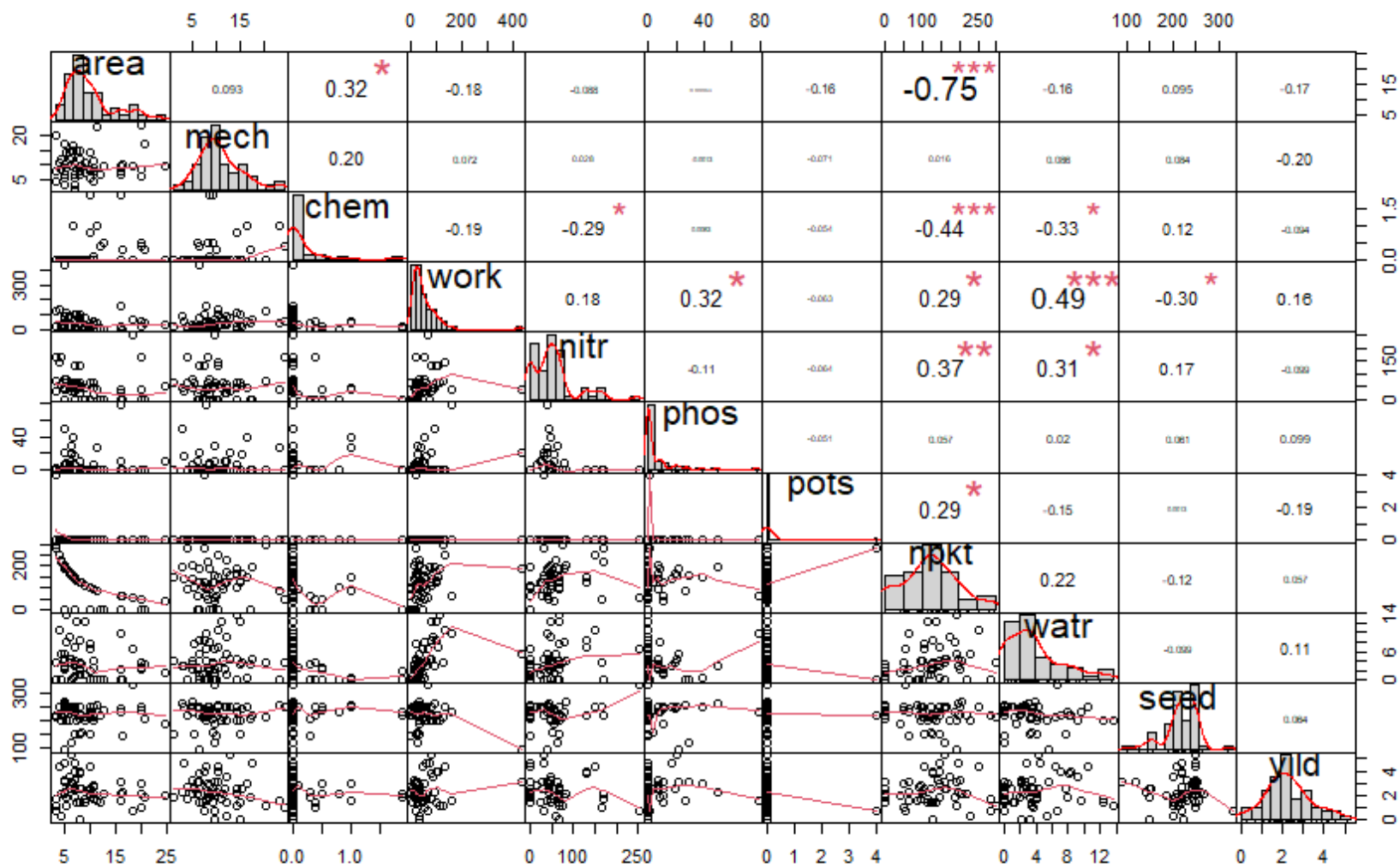


Рис. 1. График корреляции и значения p основных параметров пшеницы

Урожай ц/га в меньшей степени зависит от площади самого поля.

Соответственно, рис. 2 демонстрирует, на что влияет каждый параметр. Так затраты ручной работы определяются затратами воды на орошение, внесение удобрений. Использование удобрений связано с количеством поливов, так как после сева внесение удобрений проводится совместно с поливом.

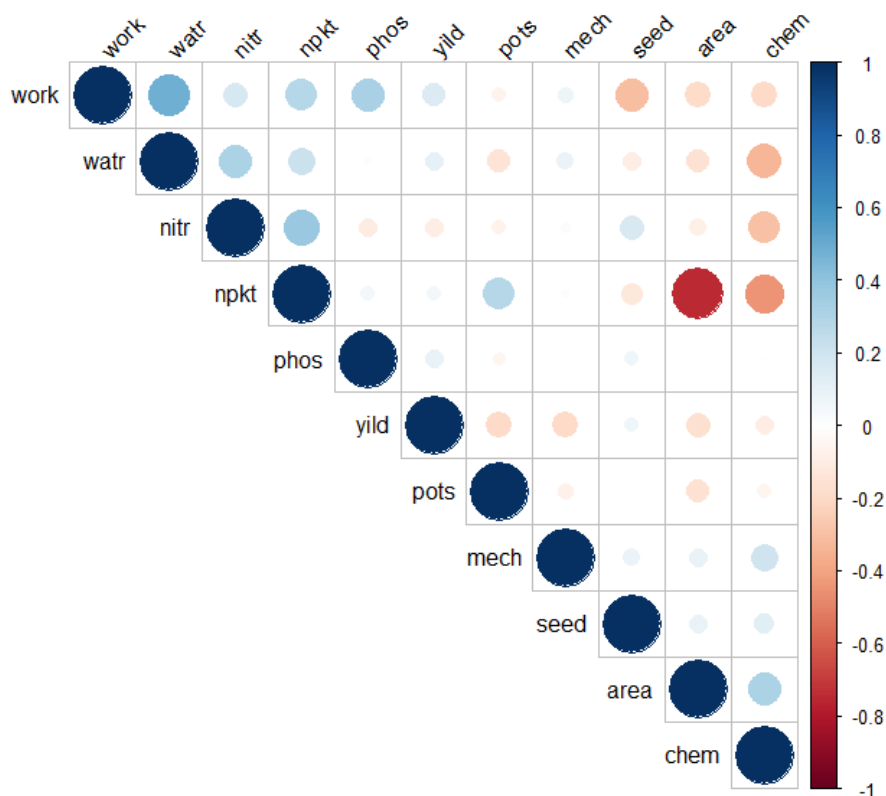


Рис. 2. График корреляции основных параметров пшеницы

Б. Результаты по рису

Матрица корреляции

	area	mech	chem	work	nitr	phos	pots	npkt	watr	seed	yild
area	1.00	-0.10	-0.40	-0.34	-0.51	-0.41	-0.31	-0.89	0.13	0.26	0.16
mech	-0.10	1.00	-0.33	0.59	-0.13	0.17	-0.19	-0.05	0.78	-0.07	0.67
chem	-0.40	-0.33	1.00	-0.13	0.36	0.19	0.34	0.53	-0.42	-0.17	-0.45
work	-0.34	0.59	-0.13	1.00	-0.09	0.31	0.16	0.27	0.14	-0.31	0.17
nitr	-0.51	-0.13	0.36	-0.09	1.00	0.27	-0.16	0.58	-0.12	-0.04	-0.02
phos	-0.41	0.17	0.19	0.31	0.27	1.00	-0.06	0.41	-0.03	-0.48	-0.04
pots	-0.31	-0.19	0.34	0.16	-0.16	-0.06	1.00	0.46	-0.25	-0.15	-0.44
npkt	-0.89	-0.05	0.53	0.27	0.58	0.41	0.46	1.00	-0.31	-0.32	-0.35
watr	0.13	0.78	-0.42	0.14	-0.12	-0.03	-0.25	-0.31	1.00	0.21	0.87
seed	0.26	-0.07	-0.17	-0.31	-0.04	-0.48	-0.15	-0.32	0.21	1.00	0.22
yild	0.16	0.67	-0.45	0.17	-0.02	-0.04	-0.44	-0.35	0.87	0.22	1.00

Матрица значения p

P	area	mech	chem	work	nitr	phos	pots	npkt	watr	seed	yild
area		0.6356	0.0501	0.0961	0.0086	0.0400	0.1328	0.0000	0.5224	0.2132	0.4550
mech	0.6356		0.1068	0.0019	0.5338	0.4214	0.3758	0.8271	0.0000	0.7533	0.0002
chem	0.0501	0.1068		0.5314	0.0770	0.3514	0.0921	0.0059	0.0368	0.4127	0.0236
work	0.0961	0.0019	0.5314		0.6665	0.1256	0.4378	0.1933	0.5137	0.1354	0.4272
nitr	0.0086	0.5338	0.0770	0.6665		0.1888	0.4348	0.0022	0.5726	0.8431	0.9397
phos	0.0400	0.4214	0.3514	0.1256	0.1888		0.7688	0.0428	0.8842	0.0158	0.8470
pots	0.1328	0.3758	0.0921	0.4378	0.4348	0.7688		0.0203	0.2200	0.4687	0.0264
npkt	0.0000	0.8271	0.0059	0.1933	0.0022	0.0428	0.0203		0.1376	0.1236	0.0877
watr	0.5224	0.0000	0.0368	0.5137	0.5726	0.8842	0.2200	0.1376		0.3073	0.0000
seed	0.2132	0.7533	0.4127	0.1354	0.8431	0.0158	0.4687	0.1236	0.3073		0.2813
yild	0.4550	0.0002	0.0236	0.4272	0.9397	0.8470	0.0264	0.0877	0.0000	0.2813	

n= 25 – количество использованных данных

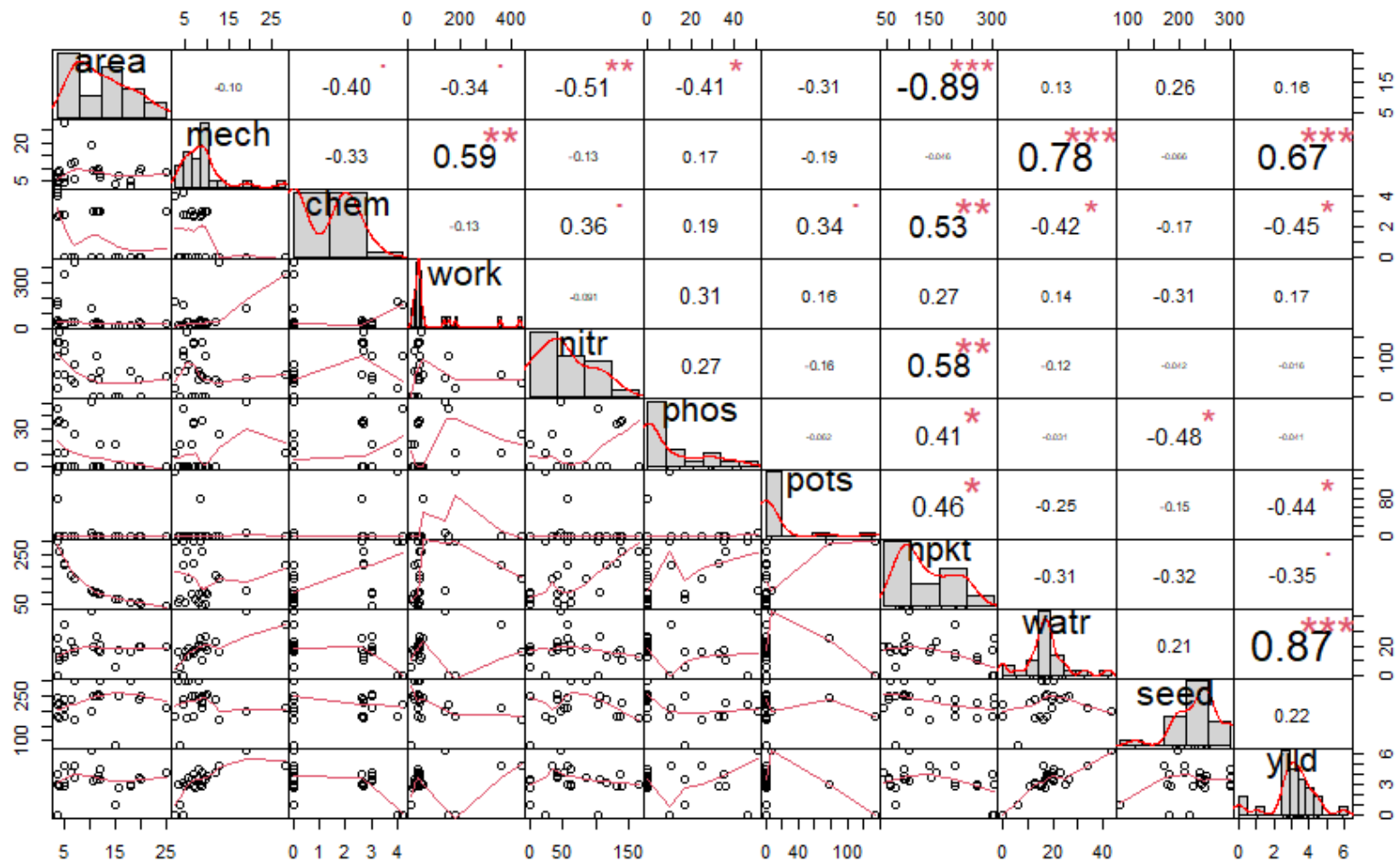


Рис. 3. График корреляции и значения p основных параметров риса

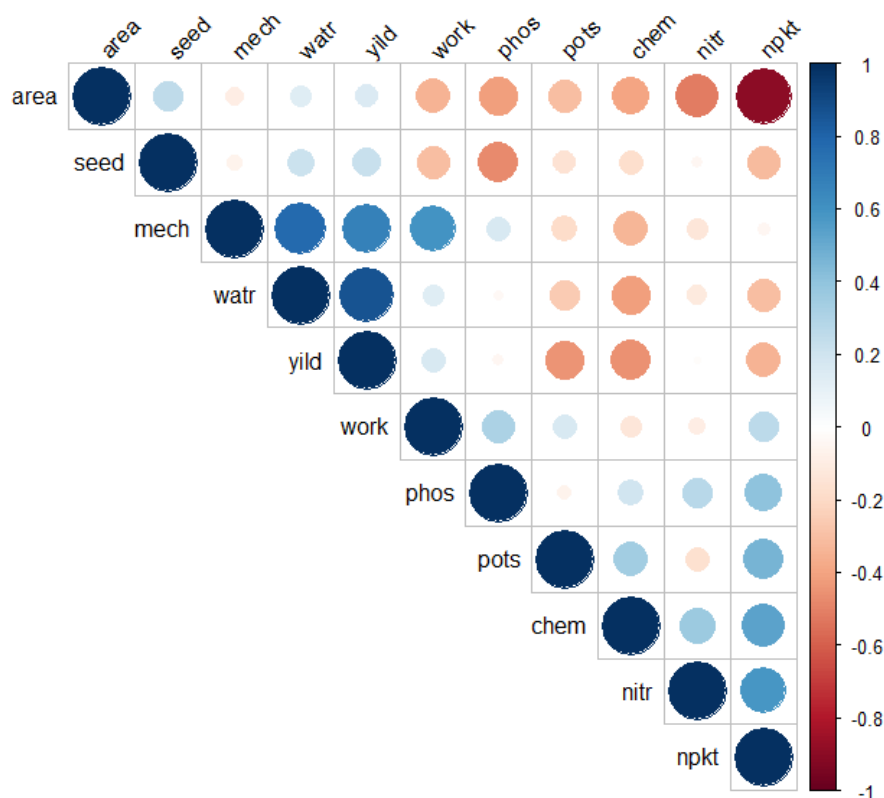


Рис. 4. График корреляции основных параметров риса

Здесь:

area – площадь, га

mech – использование механизмов, час/га

chem – использование агрохимикатов, кг/га

work – использование труда, час/га

nitr – использование азота, кг/га

phos – использование фосфора, кг/га

pots – использование калия, кг/га

npkt – использование удобрения, кг/га

watr – использование воды, тыс.м³/га

seed – использование семян, кг/га

yild – основная продукция на поле (урожайность), т/га

Было проанализировано

При возделывании риса основное воздействие на продуктивность и урожай культур оказывают масштабы использования механизмов в час/га (матрица корреляции), а также количество поданной воды.

Внесение химических веществ и урожайность имеют отрицательную корреляцию при большой статистической значимости, т.е. с большой степенью вероятности. Показатели указывают на необходимость пересмотреть норму внесения химикатов.

При возделывании риса используется и ручной труд для поливов на рисовом поле, вслед за вспашкой следуют нарезка чеков и часто ручная посадка риса, урожай находится в тесной связи от затрат техники и объема орошения (рис. 3, 4).

С. Результаты по хлопчатнику

Матрица корреляции

	area	mech	chem	work	nitr	phos	pots	npkt	watr	seed	yild
area	1.00	-0.22	0.32	-0.35	-0.14	0.01	-0.17	-0.86	-0.04	-0.36	-0.20
mech	-0.22	1.00	0.01	0.13	0.37	0.12	0.16	0.27	0.18	0.44	0.45
chem	0.32	0.01	1.00	-0.24	-0.03	0.08	0.06	-0.26	-0.07	-0.23	0.17
work	-0.35	0.13	-0.24	1.00	-0.01	-0.17	0.08	0.43	0.44	0.56	0.30
nitr	-0.14	0.37	-0.03	-0.01	1.00	-0.12	-0.03	0.15	-0.11	0.04	0.17
phos	0.01	0.12	0.08	-0.17	-0.12	1.00	0.32	-0.03	-0.23	-0.04	0.05
pots	-0.17	0.16	0.06	0.08	-0.03	0.32	1.00	0.14	-0.03	0.18	0.28
npkt	-0.86	0.27	-0.26	0.43	0.15	-0.03	0.14	1.00	0.11	0.39	0.25
watr	-0.04	0.18	-0.07	0.44	-0.11	-0.23	-0.03	0.11	1.00	0.48	0.27
seed	-0.36	0.44	-0.23	0.56	0.04	-0.04	0.18	0.39	0.48	1.00	0.32
yild	-0.20	0.45	0.17	0.30	0.17	0.05	0.28	0.25	0.27	0.32	1.00

Матрица значения p

	area	mech	chem	work	nitr	phos	pots	npkt	watr	seed	yild
area		0.0290	0.0013	0.0005	0.1652	0.9223	0.0935	0.0000	0.7167	0.0003	0.0520
mech	0.0290		0.8915	0.2077	0.0002	0.2417	0.1212	0.0084	0.0829	0.0000	0.0000
chem	0.0013	0.8915		0.0169	0.7604	0.4424	0.5402	0.0091	0.5134	0.0213	0.0938
work	0.0005	0.2077	0.0169		0.8842	0.0901	0.4097	0.0000	0.0000	0.0000	0.0028
nitr	0.1652	0.0002	0.7604	0.8842		0.2267	0.7639	0.1500	0.2793	0.6655	0.0957
phos	0.9223	0.2417	0.4424	0.0901	0.2267		0.0013	0.7921	0.0229	0.6997	0.6086
pots	0.0935	0.1212	0.5402	0.4097	0.7639	0.0013		0.1863	0.7565	0.0815	0.0056
npkt	0.0000	0.0084	0.0091	0.0000	0.1500	0.7921	0.1863		0.2807	0.0000	0.0125
watr	0.7167	0.0829	0.5134	0.0000	0.2793	0.0229	0.7565	0.2807		0.0000	0.0069
seed	0.0003	0.0000	0.0213	0.0000	0.6655	0.6997	0.0815	0.0000	0.0000		0.0015
yild	0.0520	0.0000	0.0938	0.0028	0.0957	0.6086	0.0056	0.0125	0.0069	0.0015	

n= 97 – количество использованных данных

Здесь:

area – площадь, га

mech – использование механизмов, час/га

chem – использование агрохимикатов, кг/га

work – использование труда, час/га

nitr – использование азота, кг/га

phos – использование фосфора, кг/га

pots – использование калия, кг/га

npkt – использование удобрения, кг/га

watr – использование воды, тыс.м³/га

seed – использование семян, кг/га

yild – основная продукция на поле (урожайность), т/га

Для получения высокого урожая хлопчатника необходимы: затраты техники, ручного труда, затем внесение удобрений одновременно с поливом (рис. 5, 6). Урожай хлопчатника в равной степени зависит от многих факторов внесения всех видов удобрений, чувствителен к использованию механизмов. Ручной труд используется при севе и поливах культуры.

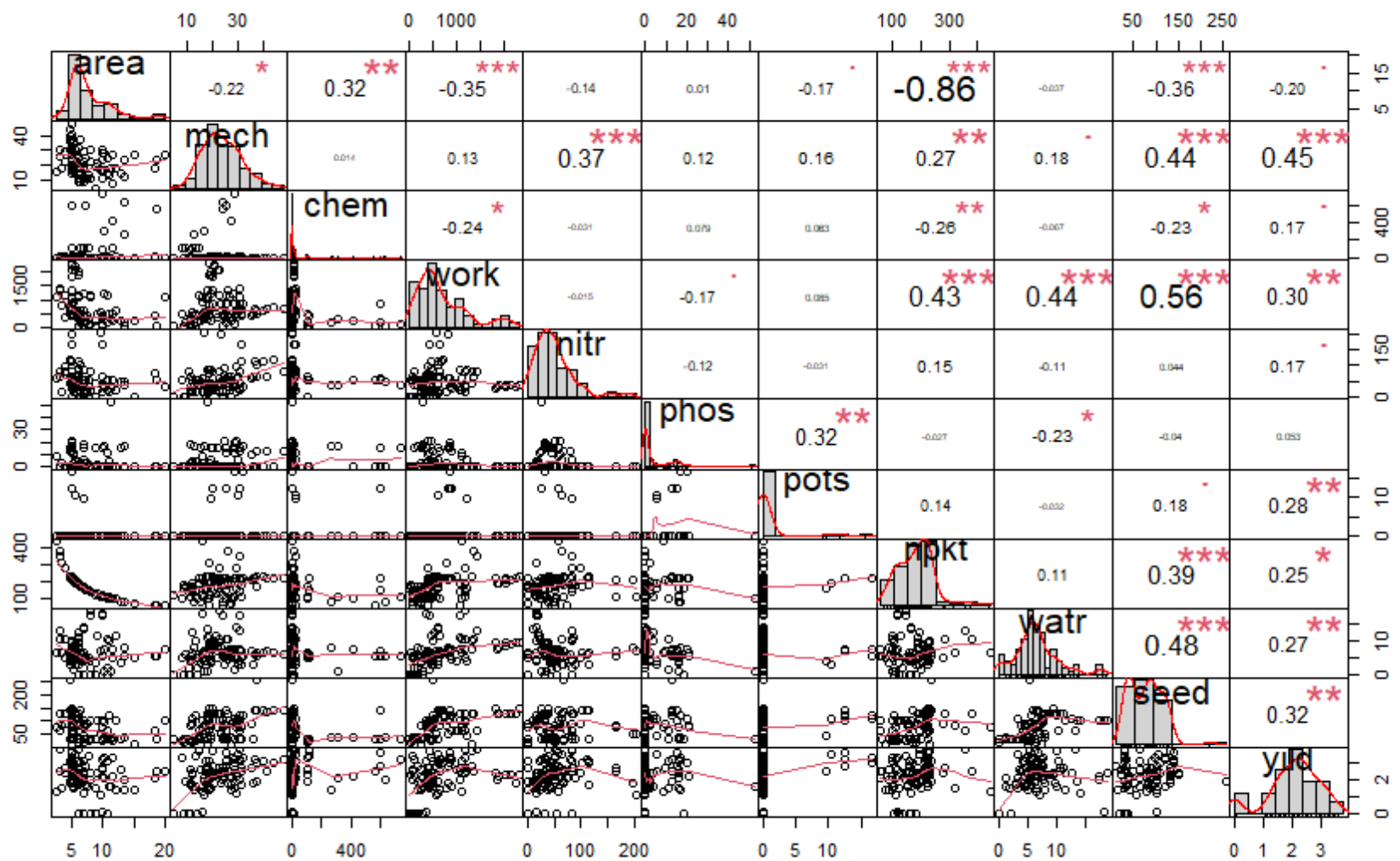


Рис. 5. График корреляции и значения r основных параметров хлопчатника

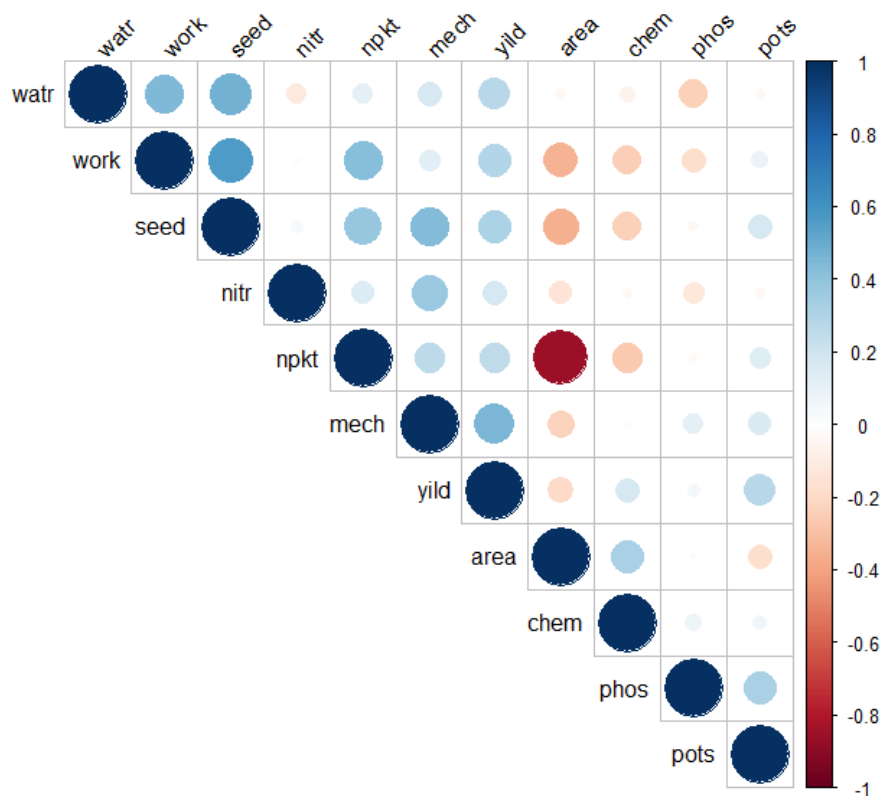


Рис. 6. График корреляции основных параметров хлопчатника

Выводы

Статистический анализ, выполненный в программе R, возможно использовать для оценки корреляции между переменными, а также для статистической значимости этой корреляции между факторами производства в сельском хозяйстве. Полученные данные возможно использовать для оценочной характеристики вклада каждого параметра – фактора производства на конечный результат.

Следующим этапом работы с программой R будет определение состояния сельскохозяйственных полей по космическим снимкам, анализ и увязка состояния с деталями производственного цикла выращивания сельхозкультур и с продуктивностью сельскохозяйственных культур.

Оценка современного состояния дренажных вод в Узбекистане

Мухамеджанов Ш.Ш.

Забираемый из рек объём воды на водопотребление культур затрачивается не полностью. Из общего объема водозабора около 30 % возвращается в реку и другие водные объекты после использования, и большую часть в этом возвратном стоке составляют дренажно-сбросные воды от орошения сельскохозяйственных культур (табл. 1).

Таблица 1

Суммарный водозабор по бассейнам рек Амударья и Сырдарья

Страны	Водозабор, км ³ в год				Всего
	Из ствола реки		Из малых рек		
	Амударья	Сырдарья	бассейна Амударья	бассейна Сырдарья	
Узбекистан	22,412	10,995	13,71	12,501	59,62
Кыргызстан		0,285			0,29
Таджикистан		1,999			1,99
Казахстан		10,902			10,90
Туркмения	22,341				22,34
Всего	44,753	24,181	13,71	12,501	95,14

Оценки НИЦ МКВК, основанные на материалах базы данных CAWater-IS, показывают, что на уровне начала 1990-х годов общий объем возвратных вод по бассейну Сырдарья составлял около 19,1 км³ в год, из которого дренажные воды составляли 92%. Остальной объем приходился на сточные воды. Аналогично по бассейну Амударья – общий объем возвратных вод на уровне начала 1990-х годов был около 16,4 км³ в год, из которых 95% составляли дренажные воды (табл. 2).

На сегодняшний день общий дренажный сток по р. Амударье составляет 16,7 км³, по р. Сырдарье – 17,3 км³. Наибольший сток коллекторно-дренажных вод формируется на территории Республики Узбекистан и составляет по р. Сырдарье 9-10 км³, по р. Амударье – 10-13 км³ в год.

Таблица 2

Объем коллекторно-дренажных вод по бассейнам рек Амударьи и Сырдарьи (км³)

Страны	Суммарное водоотведение по бассейнам рек		В том числе			
			Коллекторно-дренажные воды, по бассейнам рек		Промышленные стоки, по бассейнам рек	
	Амударьи	Сырдарьи	Амударьи	Сырдарьи	Амударьи	Сырдарьи
Узбекистан	16,4	19,1	14,75	14,2	1,63	4,73
Кыргызстан	0,3	0,22	0,2	0,18	0,1	0,05
Таджикистан	0,71	0,99	0,6	0,96	0,11	0,03
Казахстан		2,19		1,99		0,2
Туркменистан	2,14		1,8		0,34	
Всего	19,55	22,5	16,77	17,3	2,8	5,2

В Таджикистане и Казахстане по бассейну р. Сырдарьи коллекторно-дренажный сток составляет соответственно 7% и 14%. По бассейну р. Амударьи на долю Таджикистана и Туркменистана приходится соответственно – 14% и 19% коллекторно-дренажного стока (табл. 3).

Большая часть стока – от 18 км³ до 20 км³ – поступает в реку, часть повторно используется, другая часть сбрасывается в периферийные понижения и Аральское море. На орошение внутри системы используется незначительная часть, в зависимости от водности года до 2,0-4,0 км³ в год. Таким образом, формируемые коллекторно-дренажные воды в орошаемой зоне бассейна Аральского моря составляют 28-30 км³ в год, при этом их минерализация составляет от 2-3г/л до 5-6 г/л и более [1].

Формирование такого количества коллекторно-дренажных вод и сброс их в реку неизбежно приводит к изменению естественного солевого режима главных рек бассейна. Это оказывает отрицательное влияние на объекты водопользования нижерасположенных территорий, ухудшает экологическую обстановку нижнего течения речных бассейнов.

В результате сброса коллекторно-дренажных вод, минерализация в среднем и нижнем течениях р. Амударьи и Сырдарьи увеличилась по отношению к верхнему течению в 2 раза, а по отношению к зоне формирования стока – в 5 раз [7]. По р. Амударья минерализация возросла от 1,3 г/л в створе в г. Термез до 2,01 г/л в створе г. Нукус. Те же показатели по р. Сырдарья: по створу Каль – 1,1 г/л, по створу г. Бекабад – 1,3 г/л и по створу Надежденский – 1,7 г/л.

Таблица 3

Возвратный сток по бассейну Аральского моря (км³ в год)

Страна	Бассейн Сырдарьи		Бассейн Амударьи	
	1990-1995	2010-2015	1990-1995	2010-2015
Общий объем возвратного стока	13,9	9,8	18,9	14,9
В том числе, от общего объема:				
Казахстан	16%		-	-
Кыргызстан	14%		-	-
Таджикистан	7%		12%	
Туркменистан	-	-	19%	
Узбекистан	63%		69%	

В общем объеме коллекторно-дренажного стока, воды с минерализацией до 2 г/л составляют около 10,4 км³, с минерализацией до 3 г/л – около 6,4 км³, свыше 3 г/л (зачастую достигают 10 г/л и более) составляют около 9,6 км³ в год. В зависимости от минерализации изменяется и токсичность солей в дренажных водах. В коллекторно-дренажных водах с минерализацией до 2 г/л присутствуют до 20 % токсичных солей, в составе которых соли хлора, натрия и загрязняющие вещества – фенолы и нефтепродукты. В дренажных водах с увеличением минерализации до 16-20 г/л токсичные вещества достигают 50 % от общего состава солей [2].

В настоящее время в пределах Республики Узбекистан формируется свыше 20 км³ коллекторно-дренажных вод, из них на внутриконтурное орошение используется 11 % от общего стока, сброс в реки составляет 53 % и 36 % отводится в местные понижения (табл. 4).

Таблица 4

**Среднеголетние показатели коллекторно-дренажного стока
по областям Узбекистана (данные Минводхоза Узбекистана)**

Области	Коллекторно-дренажный сток, млн м ³			
	За пределы орошаемых земель	в источники орошения (возврат в реки)	использование на орошение	всего
Бухарская	1357,26	9,71	53,52	1420,5
Джизакская	531,5	22,43	24,32	578,5
Кашкадарьинская	133,11	318,17	39,87	491,1
Навоийская	133,67	352,95	19,44	506,1
Наманганская	0	1859,27	69,18	1928,5
Самаркандская	0	602,41	114,87	717,2
Сурхандарьинская	501,01	567,84	164,88	1233,7
Ферганская	0	2213,11	124,05	2337,2
Каракалпакстан	1386,93	556,42	632,63	2575,9
Андижанская		1662,77	102,16	1764,9
Хорезмская	2176,4	170,31	95,29	2442
Сырдарьинская	755,1	907,87	148,21	1811,2
Ташкентская	0	1028,79	435,88	1464,7
Итого	6974,98	10272,05	2024,3	19271,5
%	36	53	11	100

Как показали многолетние наблюдения за отводом дренажно-сбросных вод за границу дренируемых орошаемых земель в различные по водности годы, эти расходы далеко не одинаковы. При максимальных расходах, соответствующих обеспеченности стока 2,7-4,5 %, сброс в реку пресной оросительной воды к общему сбросу дренажных и оросительных вод составляет 38-58 %, использование дренажных вод в эти годы минимальное.

В средние по водности годы сброс пресной оросительной воды в составе дренажно-сбросных вод лежит в пределах 27 %, водозабор же дренажных вод на орошение и промывные поливы по отдельным регионам

достигает 47 %. В маловодные годы использование дренажных вод на орошение и промывку достигает 80 %, сброс пресных оросительных вод в эти годы отсутствует, т. е. в основном, в реки сбрасываются чисто дренажные воды [3].

Изменение структуры посевных площадей и, в особенности, сокращение площадей под хлопчатник и посев на этих площадях озимой пшеницы, сказалось как на внутригодовом перераспределении стока коллекторно-дренажных вод, так и на изменении его годового объёма. Коллекторно-дренажный сток за период 1980-2014 годы имеет два периода подъёма и один период снижения (рис. 1).

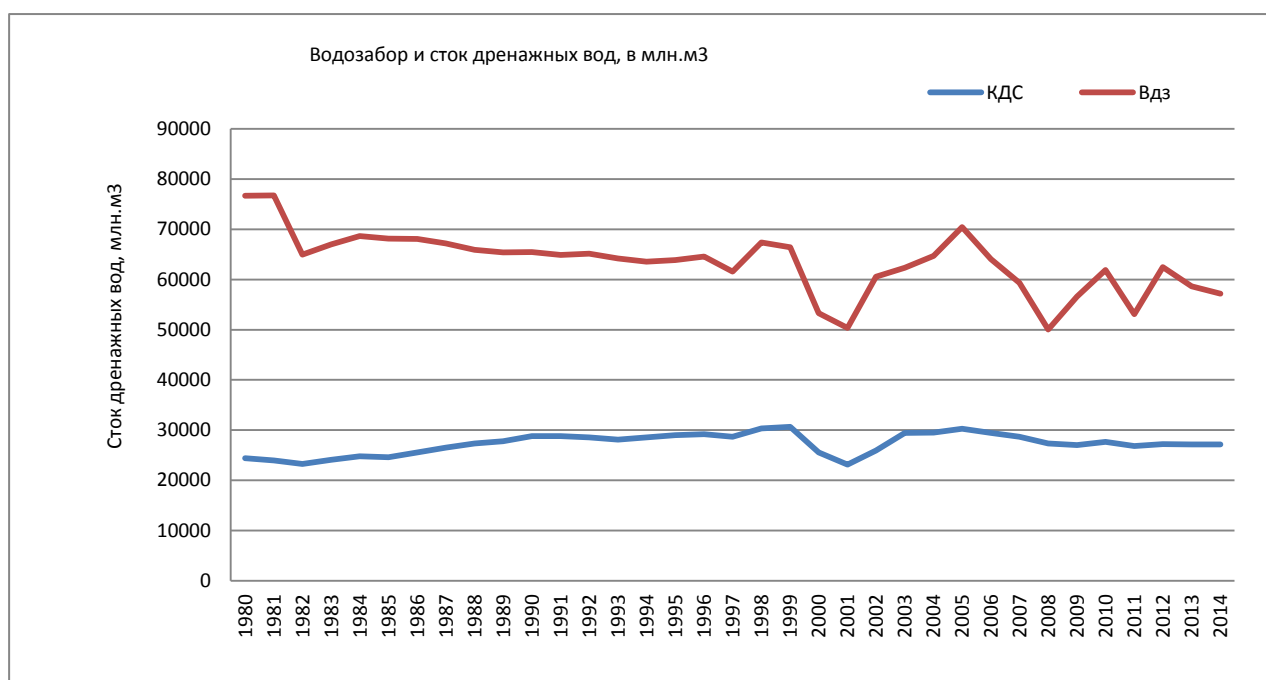


Рис. 1. Динамика водозабора и стока коллекторно-дренажных вод

Первое и наиболее резкое увеличение стока наблюдается с 1980 по 1990 год. За 10 лет этого периода дренажный сток увеличился с 23 км³ до 28,7 км³.

С 1990 по 1999 год сток увеличился до 30,6 км³ и в 2000-2014 годы сток дренажных вод стабильно снижался до уровня 27,1 км³ в год. В целом с 1980 по 2014 года сток увеличился на 4 км³ в год. Дренажный сток за этот период стабильно увеличивался и его значения повысились с 24 км³ в 1980 году до 30 км³ в 1997. В данном случае уменьшение водозабора в 1990-х годах происходило не за счёт эффективного водопользования или

водности года, а в большей степени за счёт уменьшения речного стока с сопредельных государств [5].

К 2000-м годам водное хозяйство Узбекистана приспособилось к различным колебаниям энергетического режима водохранилищ и сокращению речного стока, и соответствующие ведомства стали управлять водными ресурсами с учётом трансграничных интересов в воде всех стран региона. Начиная с 2000 года, особых снижений объёма водозабора, связанных с трансграничными проблемами, больше практически не наблюдается. Все колебания годового водозабора больше связаны с водностью года. Резкие колебания маловодных и многоводных лет отражаются на водозаборе и на дренажном стоке. В многоводные годы с увеличением водозабора увеличивается и дренажный сток. В маловодные годы наблюдается обратное: с уменьшением водозабора уменьшается и дренажный сток.

Оценка внутригодового распределения дренажного стока по характерным годам (рис. 2) показала, что увеличение объёма дренажных вод происходил не только в вегетационный, но и в межвегетационный период. Увеличение объёма дренажных вод в марте происходит в результате водозабора на полив озимой пшеницы в третьей декаде февраля из-за тёплой зимы и отсутствия осадков. Далее, дренажный сток в апреле соотнесён с интенсивным поливным периодом озимой пшеницы, несколько снижаясь в мае и увеличиваясь в июне, уже за счёт поливов хлопчатника. График внутригодового распределения дренажных вод практически повторяет внутригодовое распределение водозабора на орошение, особенно в маловодные годы.

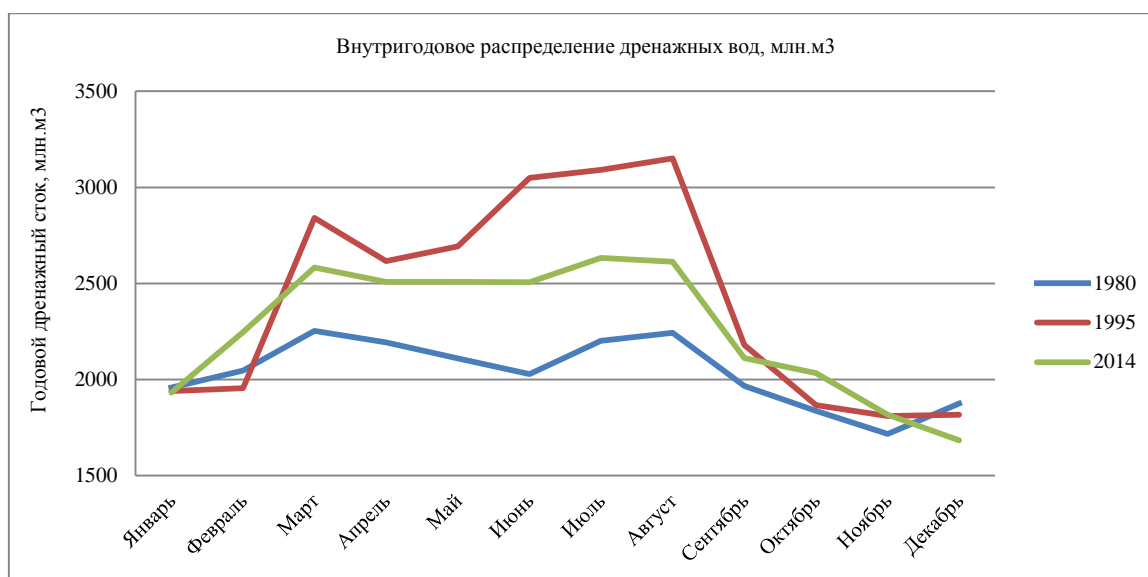


Рис. 2. Внутригодовое распределение дренажного стока по характерным годам

Регрессионный анализ взаимосвязи между общим объёмом водозабора на сельское хозяйство и дренажным стоком показал тесную связь. Зависимость объёма дренажного стока от водозабора прослеживалась за весь рассматриваемый период 1980-2014 гг. (рис. 3).

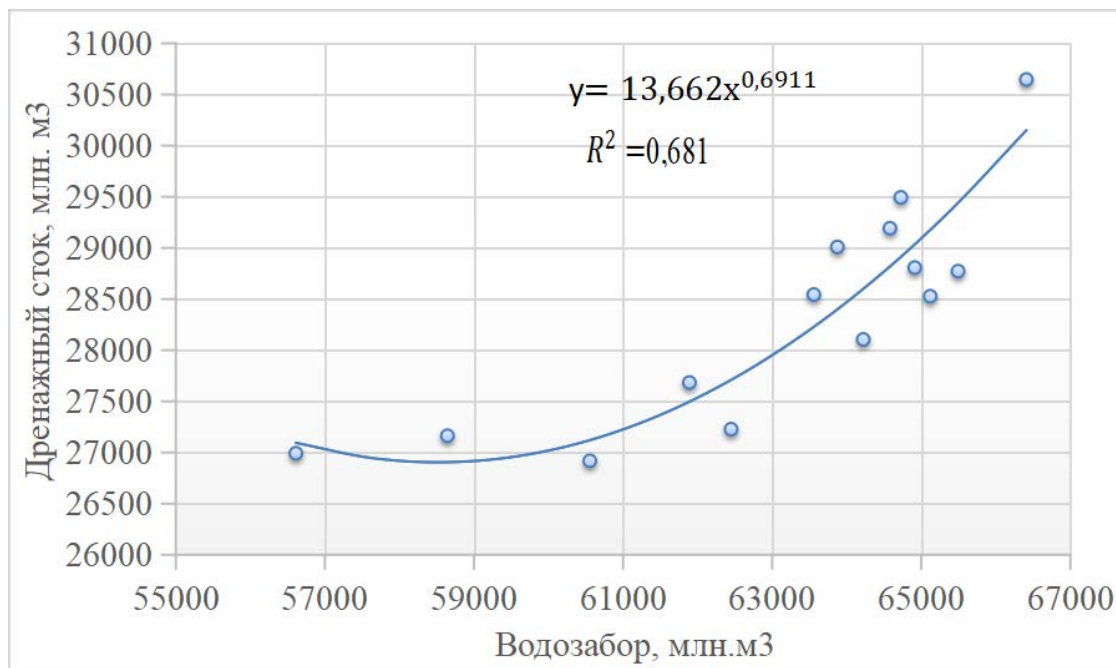


Рис. 3. Зависимость дренажного стока от водозабора

Как видно из рис. 3, между головным водозабором и дренажным стоком существует тесная связь, описываемая степенной функцией:

$$W_{dr} = 13,662 * W^{0,6911}$$

Где :

W_{dr} – дренажный сток, млн.м³;

W – водозабор, млн. м³

Коэффициент детерминации R^2 равен 0,68, следовательно, уравнение регрессии описывает 68 % дисперсии признака дренажного стока, что означает тесную зависимость дренажного стока от водозабора. Значение $R^2=0.68$, означает, что в 68% случаях изменение объёма водозабора приводит к изменению объёма дренажного стока. Коэффициент корреляции со-

ставил $r = 0,83$. Это говорит о том, что данная зависимость на 83 % описывает достоверность расчётного значения дренажного стока.

Зависимость объёма дренажного стока от объёма водозабора обусловлена как природными почвенно-мелиоративными и гидрогеологическими условиями, так и водохозяйственными техническими и технологическими условиями оросительных систем и орошаемого поля.

Орошаемое поле является одним из основных источников формирования дренажного стока. Несмотря на то, что дренажная система на орошаемых землях была запланирована на отвод фильтрационных вод от орошения и промывки земель, тем не менее, с орошаемых полей, помимо инфильтрации поливной воды в грунтовые воды, происходит поверхностный сброс поливной воды в дренажную сеть.

Практика орошения показывает, чем больше воды забирается на полив, тем больше происходит сброс с полей орошения [6]. Чем больше воды в каналах, тем больше ее фильтруется в грунтовые воды [4].

Оценка всех составляющих дренажного стока является одним из важных вопросов эффективного использования водных ресурсов региона.

Использованная литература

1. Диагностический доклад о рациональном использовании водных ресурсов в Центральной Азии по состоянию на 2019 год. Под ред. Духовного В.А. и Зиганшиной Д.Р. - Ташкент, НИЦ МКВК, 2019. Доступ: <http://cawater-info.net/expert-platform/dr2019.htm>
2. Качество воды в бассейнах рек Амударья и Сырдарья. Аналитический отчет / Гаппаров Б.Х., Беглов И.Ф. Ташкент, НИЦ МКВК, 2011. Доступ: http://cawater-info.net/water_quality_in_ca/files/analytic_report_ru.pdf
3. Мухамеджанов Ш.Ш. Анализ и прогнозирование использования минерализованных вод на орошение по основным регионам УзССР, а также определение его влияния на солевой режим и урожайность сельскохозяйственных культур (области Ферганской долины и зона нового освоения Кашкадарьинской области). Отчёт Д-60/86, - Ташкент, САНИИРИ, 1990
4. Мухамеджанов Ш.Ш. Производственные исследования по устранению влияния орошения массива «Северный Сох» на мелиоративное состояние прилегающих территорий староорошаемой зоны. Предпроектное научное исследование, Отчёт. - Ташкент, САНИИРИ, 1991
5. Mukhamedjanov S. Zoning of irrigated land under the terms of the formation of drainage water. *Water & Eco. Volume 632, Almaty, 2002*
6. Мухамеджанов Ш.Ш., Отчёт по проекту «Интегрированное управление водными ресурсами в Ферганской долине» (ИУВР-Фергана). - Ташкент, НИЦ МКВК, 2003

7. Стандарты и нормы качества вод в Республике Узбекистан // Яруллина З., Бенситова Г., Маманазаров М. - Ташкент, РЭЦЦА, 2011. Доступ: http://cawater-info.net/water_quality_in_ca/files/uzbekistan.pdf

Внедрение водосберегающих технологий орошения в странах Центральной Азии

Сагдуллаев Р.Р.

Центральная Азия (ЦА) одна из древних районов развития орошаемого земледелия. Доля использования воды в сельскохозяйственном производстве самая высокая в Туркменистане, за которым следуют Кыргызстан, Таджикистан и Узбекистан. Они являются аграрными, и в этих странах наиболее важными культурами сельского хозяйства до настоящего времени считаются хлопок и пшеница. Поскольку в этих странах климат засушливый или полузасушливый, сельскохозяйственное производство в значительной степени зависит от орошения и требует много воды. Имея в виду, что ЦА находится в условиях жесткого дефицита водных ресурсов в целях улучшения водообеспеченности все эти страны пытаются всё более расширенно внедрять водосберегающие технологии орошения.

В данной статье сделан акцент на водосберегающие технологии на уровне орошаемого поля. В странах ЦА на эти нужды выделяются большие средства, в том числе за счет привлечения инвестиций зарубежных доноров. Однако внедрение водосберегающих технологий орошения на уровне поля находится на низком уровне. Хотя наиболее расточительное водопользование с большими потерями находится именно на этом уровне.

Введение

Водная проблема для ЦА отличается особой спецификой. Страны ЦА находятся в ареале «водного дефицита», вызванного не столько природными и географическими факторами, сколько быстро растущим числом и плотностью населения, и, в значительной степени, нерациональным водопользованием.

В настоящее время в ЦА используют все известные источники гидроресурсов, но работы по водосбережению и изучению других водных возможностей почти не проводятся.

Ухудшение водного баланса в регионах ЦА связано с тем, что с 1930-х годов из стратегических соображений сельское хозяйство региона было ориентировано на выращивание водозатратной и влаголюбивой культуры – хлопчатника. Это вызвало необходимость строительства

управляемой гидротехнической инфраструктуры, обеспечивающей активное орошение некогда земель пустынь и удовлетворение сопутствующих промышленных и коммунальных нужд, расширяющегося из-за демографического роста.

На современном этапе проблема вододефицита в государствах Центрально-Азиатского региона может быть решена только путем водосбережения. В регионе для рационализации использования водных ресурсов крайне необходимо проведение комплексной реабилитации орошаемых площадей, а именно, путем внедрения новых видов полива, противофильтрационной облицовки русел межхозяйственных и магистральных каналов, реконструкции существующей и строительства новой коллекторно-дренажной сети. Однако осуществление этих мероприятий требует значительных средств, и собственными силами изменить существующее положение государства ЦА не в состоянии по причине собственных экономических трудностей, усугубленных мировым кризисом.

В этой связи развитие водосбережения в странах ЦА закреплено нормативно-правовыми актами, а также правовыми кодексами, которые предусматривают и обязывают соответствующие ведомства и водопользователей руководствоваться принципами водосбережения при использовании и управлении водными ресурсами на всех уровнях.

Факты и анализы

Республика Казахстан

Орошаемые земли в Казахстане в основном расположены в южной части страны. Сельское хозяйство на севере Казахстана основано на богарном земледелии. Орошаемые земли южного Казахстана приурочены к бассейну реки Сырдарья, воды которой притекают на территорию Казахстана через Таджикистан, Кыргызстан и Узбекистан.

В Казахстане площадь орошаемых земель имеющих подведенную водохозяйственную инфраструктуру, на конец 2019 года составила 1,5 млн. га. При этом всего на 14% площадей (210,4 тыс. га) применяются современные технологии орошения (капельное и дождевальное). В остальной части площадей все еще применяются устаревшие неэкономные методы как – сплошное затопление и поверхностное бороздковое орошение.

В связи с ростом промышленности и увеличением площади орошаемых земель в республике наблюдается повышение потребления воды, что может вызвать дефицит. Институт географии прогнозирует, что дефицит водных ресурсов в Республике Казахстан к 2030 году ожидается в размере

14 км³, а к 2050 году 20 км³. Дефицит водных ресурсов по Арало-Сырдарьинскому бассейну к 2040 году составит 4,1 км³.

Обычные методы орошения приводят к малоэффективному использованию оросительной воды, то есть по сравнению с зарубежными странами продуктивность поливной воды ниже в 6-8 раз, а затраты на единицу урожая выше в 4-8 раз.

Дальнейшее развитие орошаемого земледелия в южных областях республики в ближайшей перспективе возможно только на базе внедрения водосберегающих технологий орошения.

В целях стимулирования землевладельцев к переходу на современные водосберегающие методы, государство предлагает инвестиционные субсидии с возмещением до половины затраченной суммы на оросительные системы. А также, на демонстрационных фермах создаются условия для обучения фермеров и распространения знаний.

В рамках государственной поддержки стимулирования сельхозтоваропроизводителей к внедрению водосберегающих технологий орошения с 2014 г. реализуется программа субсидирования по возмещению части расходов, понесенных субъектом агропромышленного комплекса при инвестиционных вложениях. Но норматив возмещения затрат занижен, предельная сумма возмещения составляет не более 350,0 тыс. тенге (около 830 дол. США) на 1 га. При этом средняя рыночная стоимость системы по водосберегающим технологиям орошения составляет более 1,26 млн. тенге (3000 дол. США) на 1 га, с учетом предельной суммы возмещения равняется – 27,7%. В 2019 г. за счет государственной поддержки площади водосберегающих технологий орошения составили 210,6 тыс. га (13%), в том числе дождевание – 160,8 тыс. га (10%), капельное орошение – 49,8 тыс. га (3%) (табл., рис. 1).²

² Ибатуллин С.Р. Аналитическая записка «Казахстан, профиль страны: водные ресурсы». 2021 г.

Таблица 1

Площадь орошаемых земель по способам полива в пределах административных областей Казахстана (по данным МСХ РК за 2019 г.), тыс.га

№	Области	Площадь орошаемых земель	в т. ч. по способам орошения			
			поверхностный	затопление (рис)	дождевание	капельное
1	Акмолинская	24,22			24,12	0,10
2	Актюбинская	20,9	14,39		5,94	0,57
3	Алматинская	474,5	446,87	10,586	6,70	10,35
4	Атырауская	6,0	2,57		0,63	2,80
5	В-Казахстанская	142,43	131,62		9,84	0,97
6	Жамбылская	181,77	161,31		6,22	14,24
7	З-Казахстанская	2,5	0,39		1,55	0,56
8	Карагандинская	22,77			22,55	0,22
9	Кызылординская	199,7	111,62	87,933		0,15
10	Костанайская	7,6	3,41		3,93	0,26
11	Мангистауская	0,74				0,74
12	Павлодарская	76,86			76,30	0,56
13	С-Казахстанская	2,65			2,46	0,19
14	Туркестанская	441,07	418,96	3,451	0,56	18,10
По республике		1603,7	1291,1	102,0	160,8	49,8

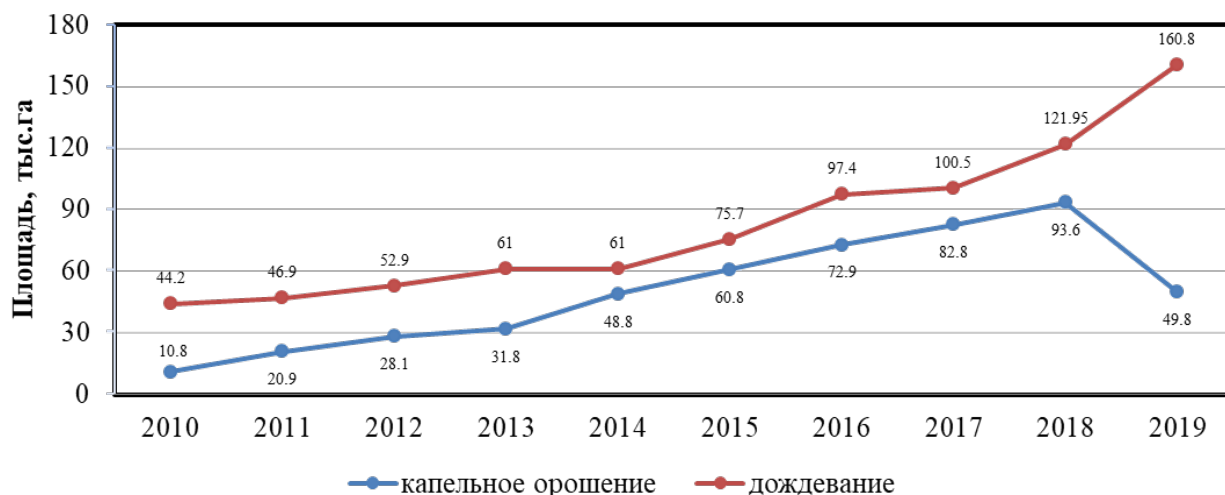


Рис. 1. Динамика внедрения водосберегающих технологий орошения в Казахстане

Источник: Концепция Государственной Программы управления водными ресурсами Казахстана на 2020-2030 гг.,

www.gov.kz/memleket/entities/water/documents/details/8977?lang=ru.

Республика Узбекистан

Общая площадь земель по Республике Узбекистан составляет 44 892,4 тыс. гектаров. Площадь земли сельскохозяйственного назначения 20 236,3 тыс. га., из них пахотные земли 3988,5 тыс. га., многолетние насаждения – 383,1 тыс. га., залежи – 76 тыс. га, сенокосы и пастбища – 11 028,3 тыс. га. и другие – 4760,4 тыс. га.³

Сельское хозяйство всецело основано на орошении. В Узбекистане построено 160 тыс. гидротехнических сооружений, в том числе 800 крупные и 195 тыс. км оросительной сети для управления орошением, из них 27,6 тыс. км – межхозяйственной и 167,4 тыс. км – внутрихозяйственной. В земляном русле проходит 62% межхозяйственной и 79,5% внутрихозяйственной сети. Посредством 1,6 тыс. насосных станций (подачей от 1 до 300 м³/с) поливается более 2,2 млн. гектаров орошаемых земель. Управление мелиоративным состоянием и отвод грунтовых вод производится посредством коллекторно-дренажной сети протяженностью 142,8 тыс. км, из которых 106,1 тыс. км – открытые коллектора; 36,7 тыс. км – закрытые горизонтальные дренажи. Пробурено и установлено 4,1 тыс. скважин для водозабора подземных вод на орошение.

Сельское хозяйство является основным потребителем водных ресурсов (более 90% водных ресурсов). Общий ежегодный объем водозабора на

³ Концепция по эффективному использованию земельных и водных ресурсов в сельском хозяйстве / <https://lex.uz/docs/4378524>

цели ирригации в 1980-х годах составлял около 67 км³ в год. Постепенно он снизился более чем на 10 млрд. м³. После обретения независимости в Узбекистане отчетливо проявляется тенденция снижения объемов водопотребления и водозабора.

Угроза дефицита водных ресурсов и участвовавшие засушливые годы являются ограничивающим фактором в использовании водных ресурсов и развитии сельского хозяйства. Правительство Республики Узбекистан проводит всемерную политику, направленную на создание и внедрение мало-водоемких сортов сельскохозяйственных культур и водосберегающих технологий.

Повсеместно используемая в Узбекистане техника бороздкового полива, с долгих времен приводит к большим потерям в виде сброса с полей в дренажную сеть и фильтрационных потерь, способствующих подъему грунтовых воды в пределах орошаемого поля. Исследовательские оценки ученых показали, что потери на поле составляют до 30 % от объема общей водоподачи на орошаемое поле. В связи с этим правительство уделяет особое внимание развитию водосберегающих технологий орошения, особенно системы капельного орошения.

По состоянию на 2019 год общая площадь построенного капельного орошения составила около 55,4 тыс. га (рис. 2). До 2030 года запланировано внедрить капельное орошение на площади 600 тыс. га.

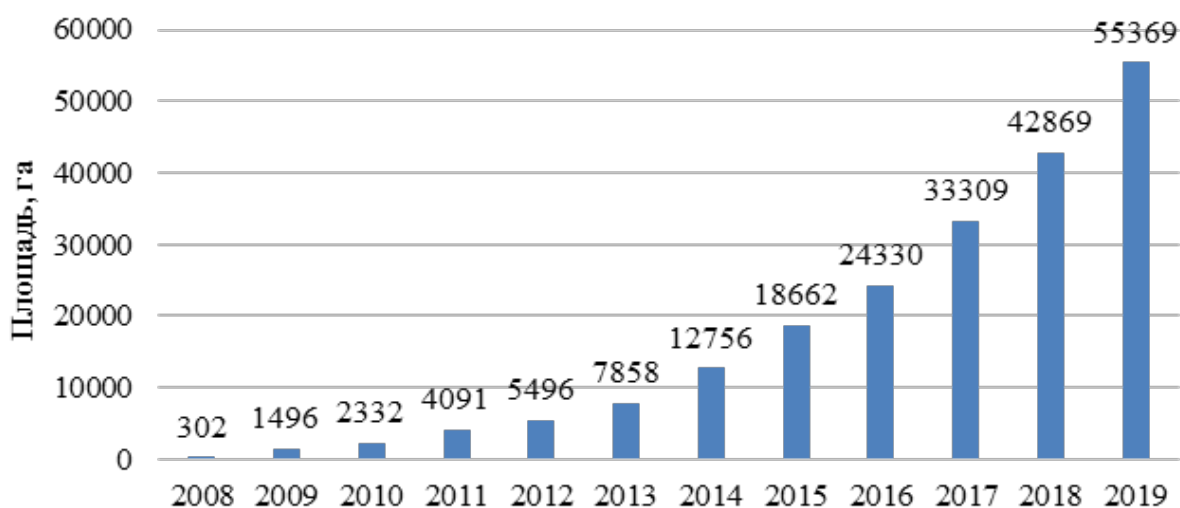


Рис. 2. Развитие систем капельного орошения в Узбекистане, 2008-2019 гг.

Источник: Минводхоз, 2019.

В республике параллельно с капельным орошением интенсивно развиваются водосберегающие технологии с применением гибких трубопроводов и полива по бороздам, экранированным полиэтиленовой пленкой.

Площадь внедрения полива по гибким трубопроводам в сравнении с 839 га в 2011 году ощутимо выросло и к 2019 году достигло 207 тыс. га (рис. 3). Такая же ощутимая разница наблюдается и в развитии полива по экранированным полиэтиленовой пленкой бороздам, где площадь с внедренной данной технологией от 710 га в 2011 году выросла до 88 тыс. га в 2019 году (рис. 4).

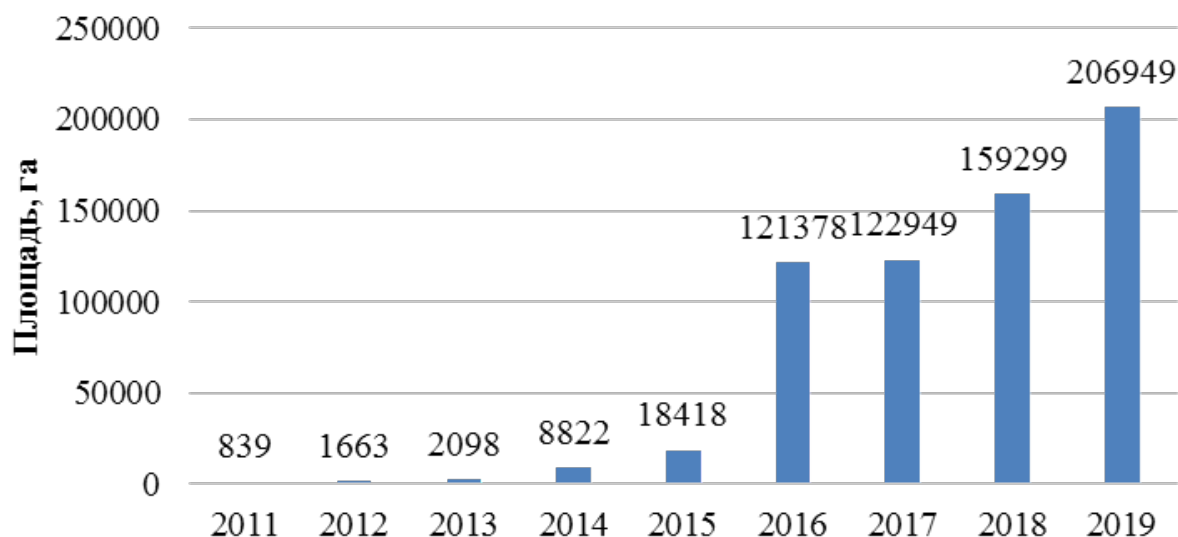


Рис. 3. Развитие полива по гибким трубопроводам, 2011-2019 гг.

Источник: Минводхоз, 2019.

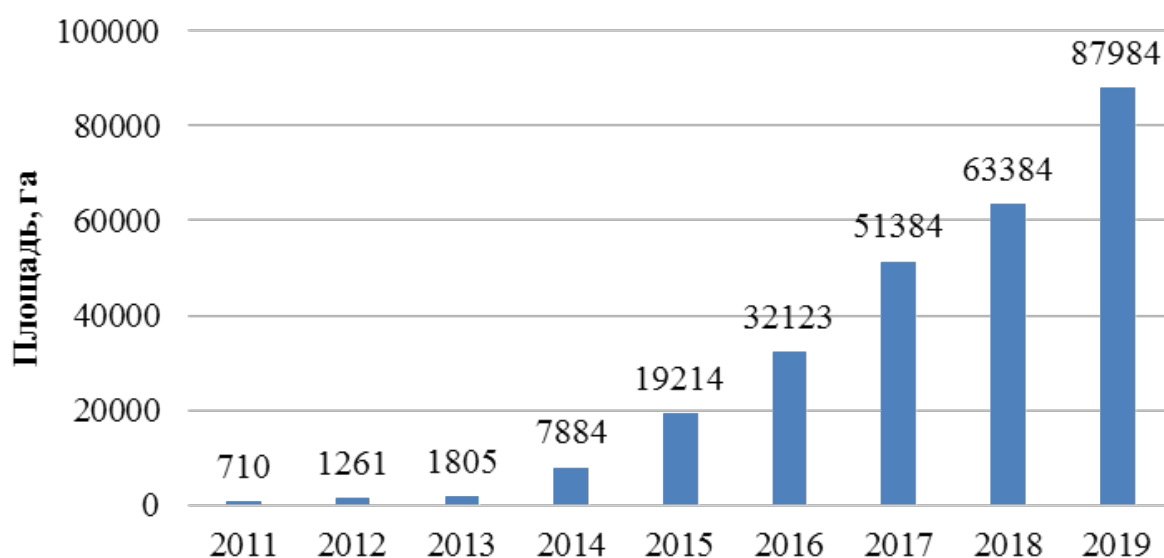


Рис. 4. Развитие полива по экранированным полиэтиленовой пленкой бороздам, 2011-2019 гг.

Источник: Минводхоз, 2019.

Конечно же, рост развития водосберегающих технологий чувствуется, но все-таки эти показатели по сравнению с общим количеством площади орошаемых земель республики остаются низкими. Проведенное изучение показало, что крайне часто наблюдающиеся проблемы во внедрении водосберегающих технологий это недостаточное владение информацией и знанием о водосберегающих технологиях, отсутствие консультативной службы, засорение капельниц в системе капельного орошения, нестабильность в подаче электроэнергии, переносные гибкие шланги плохого качества, заполнение шлангов илом.

Рекомендации

1. В Казахстане большинство фермеров, имеющих участки до 100 га, не в состоянии иметь весь набор необходимой техники, средств защиты растений, удобрений, качественных семян. Поэтому для их обслуживания необходимо создавать сервисные центры, а для приема, хранения и переработки урожая нужны специализированные сервисно-заготовительные центры.

2. Для более широкого развития системы водосбережения важно всем государствам региона:

- наладить тесные связи и сотрудничество по обмену информацией, достижениям и инновационным решениям в водосбережении;
- установить страновые индикаторы использования водосбережения по потребностям, финансовым возможностям, технической реализации и т.д.;

3. На массиве орошения с большими уклонами, где основным способом полива является полив по бороздам с подачей воды из временных оросителей или гидрантов, наблюдается неэффективное использование водных ресурсов. Для равномерного распределения воды по бороздам необходимо применять поливные шланги, сборные лотки и полив через борозду с соответствующим армированием головы борозды. Для уменьшения фильтрационных потерь по длине борозды и равномерного полива необходимо мульчировать борозды пленкой и другими подручными средствами.

Использованная литература

1. Концепция развития водного хозяйства Республики Узбекистан на 2020-2030 годы. / <https://water.gov.uz/ru/posts/1545735855/396>
2. Обобщающий отчет «Водосбережение в странах Центральной Азии: Опыт прошлого и ориентиры на будущее». / <http://www.icwc-aral.uz/pdf/synthesis-report-watersaving.pdf>
3. Концепция по эффективному использованию земельных и водных ресурсов в сельском хозяйстве. / <https://lex.uz/docs/4378524>
4. Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан: Площадь орошаемых сельхозземель за 10 лет будет увеличена в 2 раза. / <https://www.gov.kz/memleket/entities/moa/press/news/details/ploshchad-oroshaemyh-selhozzemel-za-10-let-budet-uvelichena-v-2-raza-msh?lang=ru>
5. Проект концепции государственной программы управления водными ресурсами Казахстана на 2020-2030 годы. / www.gov.kz/memleket/entities/water/documents/details/8977?lang=ru.
6. Ибатуллин С.Р. Аналитическая записка «Казахстан, профиль страны: водные ресурсы». 2021 год.

Мелиоративный мониторинг орошаемых земель на основании применения ГИС технологий

Долидудко А.И.

Введение

На сегодняшний день в мире ведутся научно-исследовательские работы, направленные на интеграцию земельной информации в базу геоданных с использованием современных методов гидрогеолого-мелиоративного мониторинга орошаемых земель, автоматизацию механизма геостатистического анализа, разработку новых научно-технических решений по созданию дополнительных интерфейсов к программному обеспечению. В связи с этим особое внимание уделяется исследованиям, направленным на получение высокоточной земельной информации при учете земель сельскохозяйственного назначения и повышение эффективности работ по определению площади земельных участков.

Одними из важнейших задач создания необходимой техники и технологий в мире является мониторинг поверхностных, грунтовых вод, мелиоративного состояния орошаемых земель, а также контроль использования подземных водных ресурсов, их оперативная и точная оценка. В связи с этим важным является использование технологий ДПД (дистанционное получение данных) и ГИС (геоинформационные системы).

Степень изученности проблемы

При разработке различных моделей использования спутниковых данных и ГИС-технологий при управлении водным и сельским хозяйством в мире, хранении данных, передаче их пользователю, а также анализе изменений научные исследования проведены такими учеными как Р.А. Burrough, J.J. Gruijter, E. Van Ranst, M. Hafeez, G. Menz, F. Thonfeld и др. Проведены работы в области мелиоративно-гидрогеологических наблюдений и мелиоративного кадастра орошаемых земель, а также научные исследования по формированию геологических баз данных на основе ГИС технологий.

На сегодняшний день основной проблемой использования моделей созданных на основе ГИС при проведении и использовании мелиоративного мониторинга в Республике Узбекистан является их низкая точность, создание моделей на основе спутниковых снимков с низкой резольвцией, использование старых методов анализа. Исследования по созданию базы данных Geodatabase уровня грунтовых вод и степени минерализации в гидрогеологических скважинах с использованием ГИС технологий, а также реализации на этой основе новых цифровых гидрогеологических 3D моделей и дистанционного управления изменения режима и минерализации грунтовых вод до сих пор изучены недостаточно.

Целью исследований является совершенствование процесса проведения гидрогеолого-мелиоративного мониторинга орошаемых земель с использованием метода Interpolation (Kriging, IDW) ГИС технологий.

Материалы и методы исследования

Предметом исследований является мониторинг орошаемых земель на основе инновационных методов и ГИС технологий, создание электронных цифровых карт с визуализацией уровня и минерализации грунтовых вод в программе ArcGIS и разработка алгоритмов выполнения анализа информации в автоматизированной системе.

В процессе исследований использовались методы получения данных в зависимости от геолокации местоположения базовых точек объекта в системе координат WSC 84, метод измерения гидрогеологических параметров на местности, метод статистической обработки достоверности результатов, методы создания аналитических моделей Map Algebra и IDW Geodatabase interpolation.

Результаты исследования и обсуждение

Аналитические процессы осуществляют возможности использования ГИС технологии в единых схемах обмена данными. Это, в свою очередь, целесообразно осуществлять при помощи специального программного обеспечения, предоставляемого через продукты ГИС.

Данные Geo-Statistical Analysis представлены в виде изображения, из которого нам необходимо его оцифровать, чтобы извлечь необходимую информацию (рис. 1). В исследованиях использовались методы NDVI с использованием изображений Kriging ва IDW interpolation и Landsat основанных на объекте. На основании этих методов изображения были проанали-

зированы по этапам сегментации и классификации, а также данные, собранные в полевых опытах по этим алгоритмам анализа исследования, сопоставлены с данными, полученными по ГИС, и выполнена оценка достоверности полученных результатов. По результатам анализа коэффициент корреляции составил 0,90.

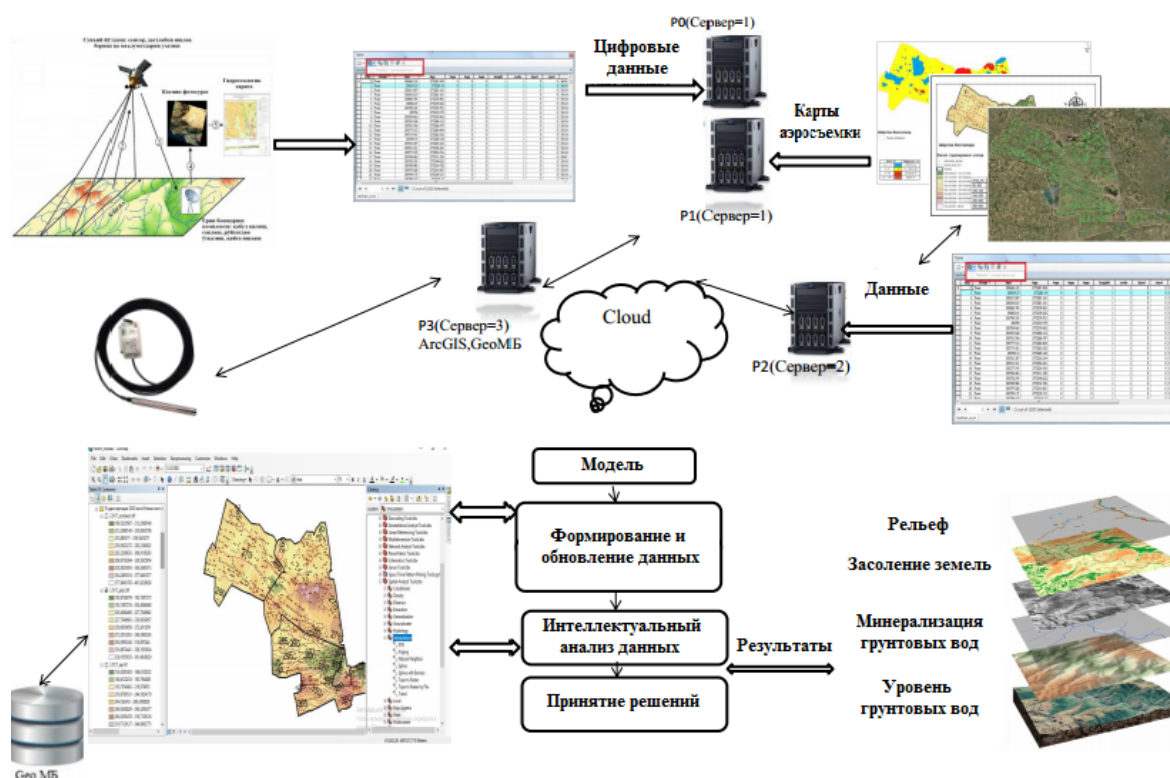


Рис. 1. Схема работы геоинформационной системы

В данных процессах создаются тематические карты следующего содержания: пространственное распределение гидродинамических параметров; вопросы изменения гидродинамического режима пространственного распределения граничных условий подземных вод; граничные условия залегания подземных вод. Данные, полученные в результате этого анализа, интегрируются в компьютеризированную систему в виде тематических слоев и карт и проводятся вычислительные эксперименты для определения параметров, начальных и граничных условий. Данные, полученные в результате этого анализа, вводятся в компьютеризированную систему в виде тематических слоев и карт, а взаимосвязи между тематическими слоями оцениваются на основе метода «Kriging interpolation».

Объектом исследований были выбраны Ак-Алтынский, Мирзабадский и Хавастский районы Сырдарьинской области, расположенные в широкой предгорной равнине, где уровень грунтовых вод поднимается до 1-2,5 м, а в центральной равнине до 2-3 м. Большая часть сельскохозяйственных земель области в различной степени засолена: 9 % земель считаются очень сильнозасоленные, 60 % – сильнозасоленные и 21 % – среднезасоленные. В качестве топологических элементов геоинформационной модели рассматриваемой территории были приняты точечные (водозаборные скважины, наблюдательные скважины), линейные (гидроизогипсы, границы области фильтрации и т. д.), полигонального типа (участки, разделенные по фильтрационным характеристикам, орошаемые площади и т. д.).

На начальном этапе структура геоинформационной модели Сырдарьинской области организована на основе программного инструмента ArcCatalog программной среды ArcGIS. Топологические элементы данной модели: полигональные (районы, хозяйства, территории), линейные (районы, границы хозяйств), точечные (водозаборные и наблюдательные скважины) (рис. 2).

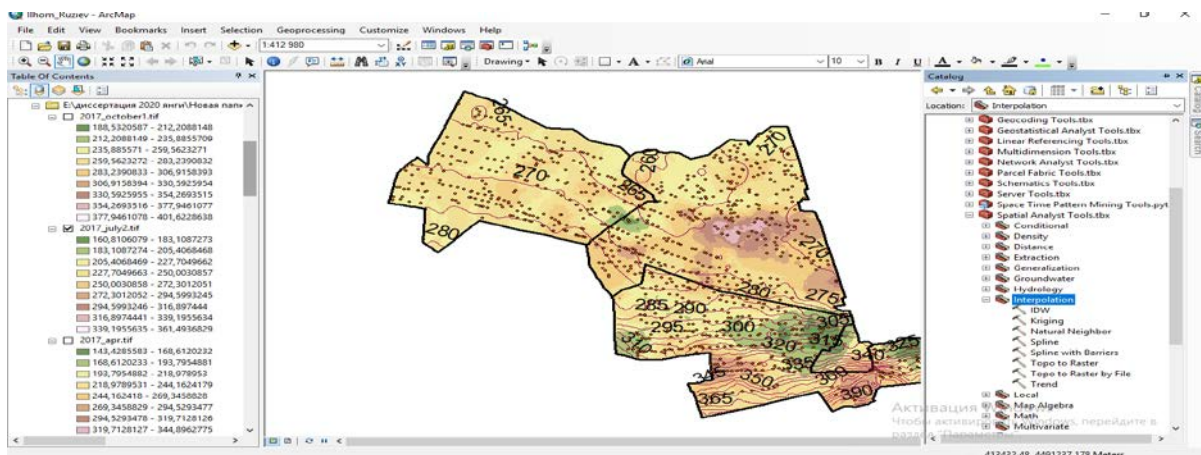


Рис. 2. Геоинформационная модель гидрогеологических условий районов Сырдарьинской области

На основе геоинформационной модели анализируемых территорий были проведены вычислительные эксперименты по изучению влияния изменения уровня и минерализации грунтовых вод на другие объекты.

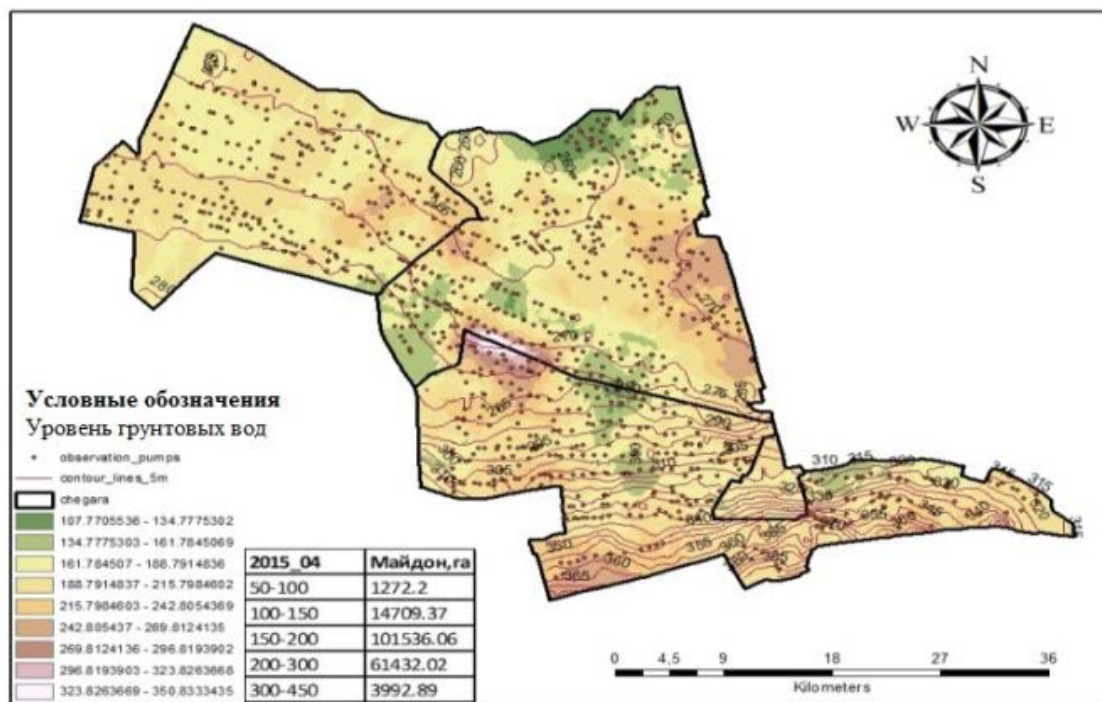
Уровень грунтовых вод колеблется в зависимости от сезона под влиянием таких факторов, как орошение, промывка, механический состав почвы, климатические условия и состояние дренажа. Он поднимается от зимы к весне и понижается от лета к осени. Уровень грунтовых вод всегда относительно выше со стороны оросительных каналов, чем со стороны расположения дренажных каналов. Если уровень грунтовых вод располо-

жен выше 1 м, это легко приводит к засолению почвы. Засоление почвы считается целесообразным и безопасным при глубине залегания грунтовых вод не менее 2-3 м. Уровень грунтовых вод в основном высок в январе и феврале, так как в этот период проводятся промывные работы и выпадает много осадков. Количество воды, подаваемой на поле, необходимо контролировать, чтобы уровень грунтовых вод не поднимался слишком сильно во время промывки. Поэтому для предотвращения распространения засоления на площади при подъеме уровня грунтовых вод рекомендуется уменьшать количество промывных вод, если степень засоления почвы не слишком высока. Самое главное: при подаче больших объемов воды для промывки солей следует учитывать рабочее состояние дренажного канала.

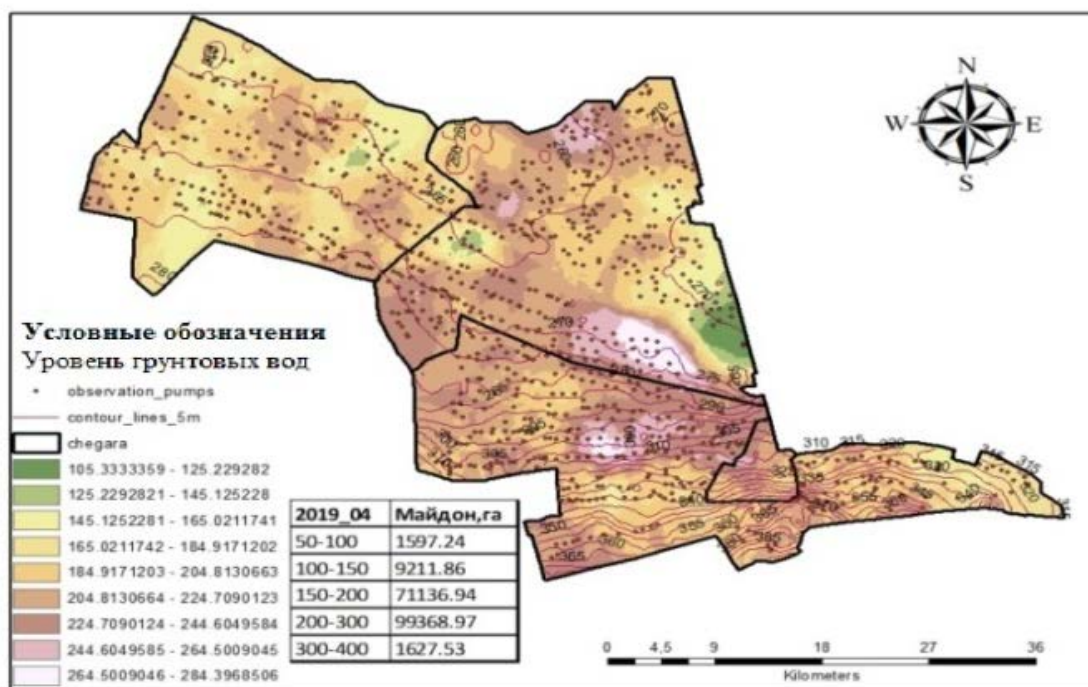
В качестве основного показателя при оценке мелиоративного состояния земель по степени засоления был принят уровень грунтовых вод (рис. 3). На этом основании можно отметить, что подъем уровня грунтовых вод приводит к увеличению площади засоленных площадей (рис. 4).

На основе проведенных исследований разработан метод проведения учета подземных вод, основанный на инновационных технологиях гидрогеолого-мелиоративного мониторинга орошаемых земель. При создании геоинформационных моделей, большое значение имеет соблюдение пропорциональности координат при организации информационного обмена между гидрогеологическим объектом и геоинформационной моделью, а также принятие решений по гидрогеолого-мелиоративному мониторингу на основе комплексного анализа гидрогеологического объекта.

В проведенных исследованиях анализ проводился по данным космических снимков Landsat 8, в основном через изображения NDVI основное внимание уделяется стадии развития растений. В нашем исследовании изучено использование спутниковых данных на основании снимков Landsat для оценки засоления почвы на посевных площадях.

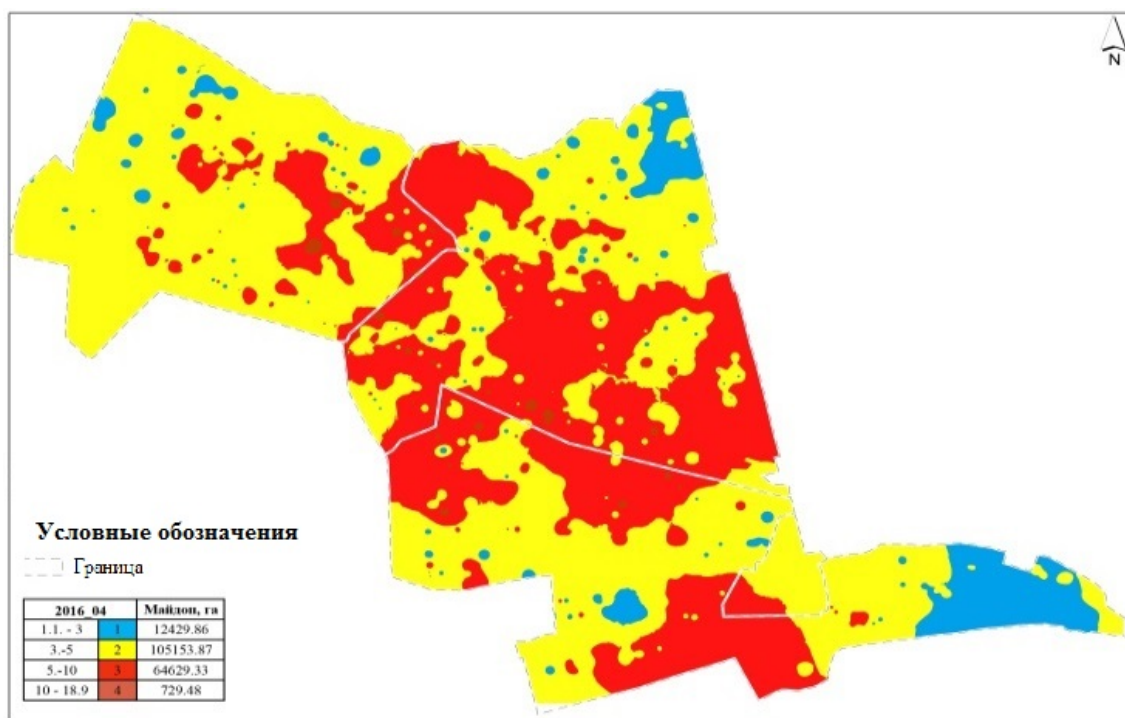


2015 год

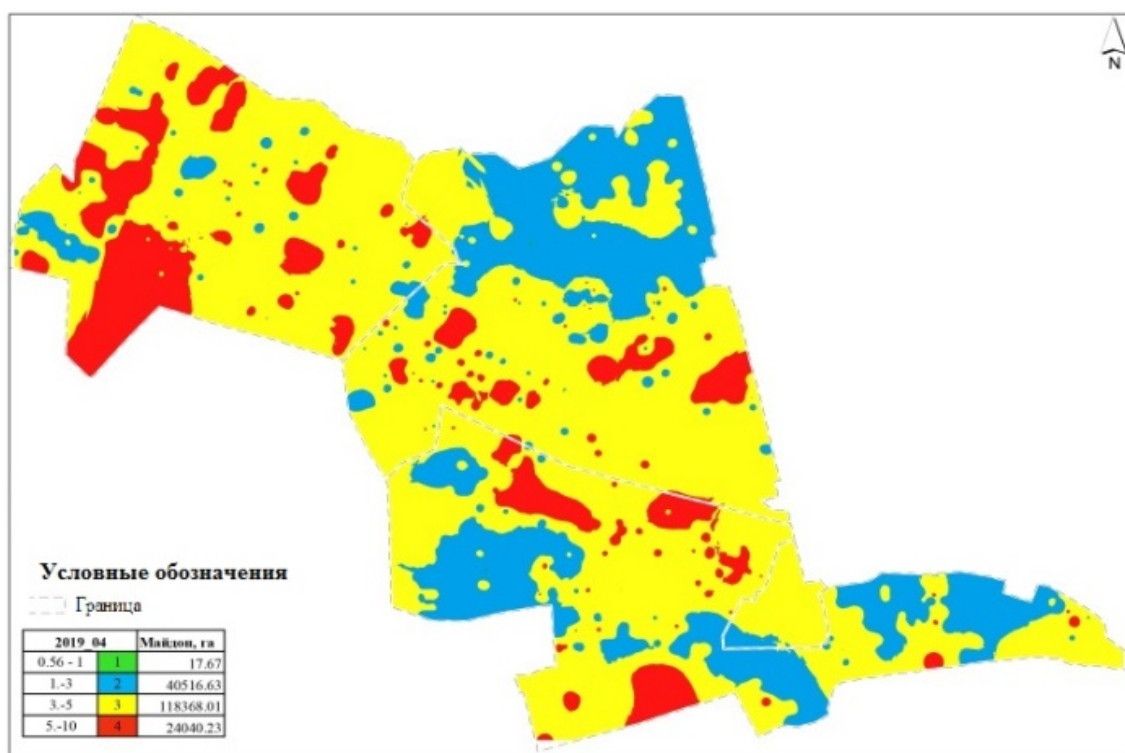


2022 год

Рис. 3. Анализ изменения уровня грунтовых вод в Сырдарьинской области на основе геоинформационного моделирования методом «Kriging interpolation»



2015 год



2022 год

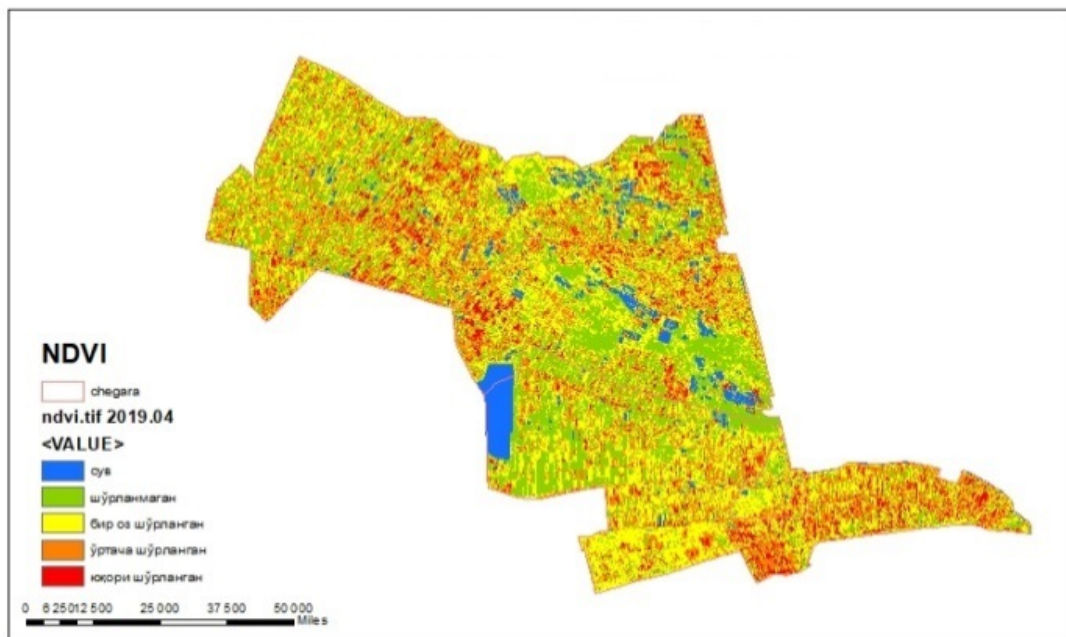
Рис. 4. Изменение минерализации грунтовых вод в Сырдар'ynской области

В районе исследования использовались спутниковые снимки среднего разрешения Landsat 8 в качестве показателя температуры растений хлопчатника или пшеницы Сырдарьинской области, а фактические данные были собраны в виде карты засоления почв области. В Landsat 8 использовалась цифровая высотная модель (DEM) на основе спутниковых снимков сделанных в 2021-2022 годы (можно заходить через EarthExplorer Geological Survey). Были классифицированы снимки, проанализированы изменения растительного покрова области за много лет и научно спрогнозировано изменение степени водопользования на 2025 год. Эти изменения получены из ближнего инфракрасного (NIR) и коротковолнового IQ-диапазонов Landsat и других спутников, а также из характеристик воздействия одинаковой (NIR и коротковолновой IQ) области спектра. В целом, относительно пониженное инфракрасное (NIR) ближнее инфракрасное излучение указывает на здоровье растений и поэтому может служить косвенным индикатором уровня засоления (рис. 5). Например, на разницу нормализованных показателей растений (NDVI) могут влиять многие факторы, в том числе ограниченность воды для растений и плохое управление.

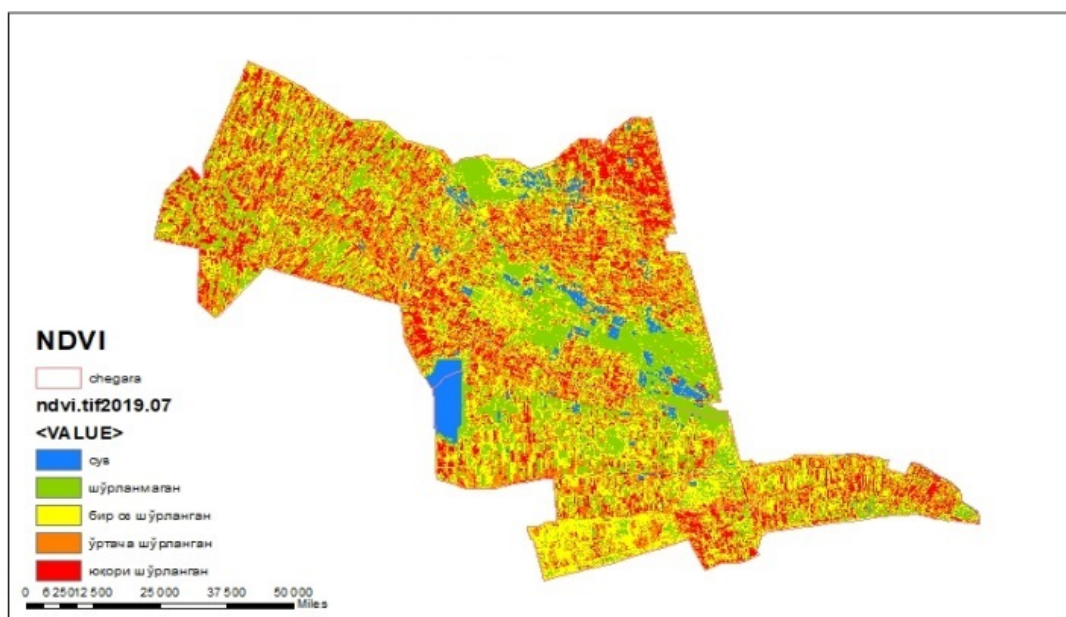
Известно, что значения нормализованного индекса различий (NDVI) растений являются количественной мерой состояния растений, значения NDVI для снимков Landsat.

Учитывая пространственные размеры мультиспектральных снимков, Landsat 8 (30 м на 30 м или 0,09 га) невозможно определить засоление, если размер участков засоления почвы меньше размера пикселя. Единственный способ решить эту проблему — использовать изображения со спутников высокого разрешения.

Все наборы данных сначала спроецированы на WGS 1984 UTM. Зона 42 системы координат N вырезана. Затем выделили площади растений с использованием программы NDVI. Используя индекс вегетации MOD13A2 с пределом NDVI 0-3, выделены растения от безрастительных пикселей. Все последующие анализы, как термальные данные, так и другие наборы данных дистанционного зондирования, показывают, что все последующие анализы рассчитываются только в растительных регионах ($NDVI > 0,3$) (рис. 5).



2019 год



2022 год

Рис. 5. Анализ засоления почв Сырдарьинской области методом NDVI при помощи снимков Landsat 8

При этом изображения NDVI разделяются на объекты, сегментируясь на различных степенях. Затем коррелировано с изменением различных факторов:

Поля с растительностью разделены на изображениях по области. С целью упрощения процесса корреляции ее результаты были обобщены и изучены в процентах.

По степени корреляции результаты были разделены на следующие группы:

- Очень сильная корреляция засоления – засоление со степенью корреляции более 0,50;
- Сильная корреляция засоления – засоление со степенью корреляции от 0,49 до 0,40;
- Средняя корреляция засоления – засоление со степенью корреляции от 0,39 до 0,30;
- Слабая корреляция засоления – засоление со степенью корреляции от 0,29 до 0,20;
- Очень слабая корреляция засоления – засоление с индексом корреляции от 0,10 до 0,01;
- Некоррелированные объекты – засоление с индексом корреляции менее 0,5.

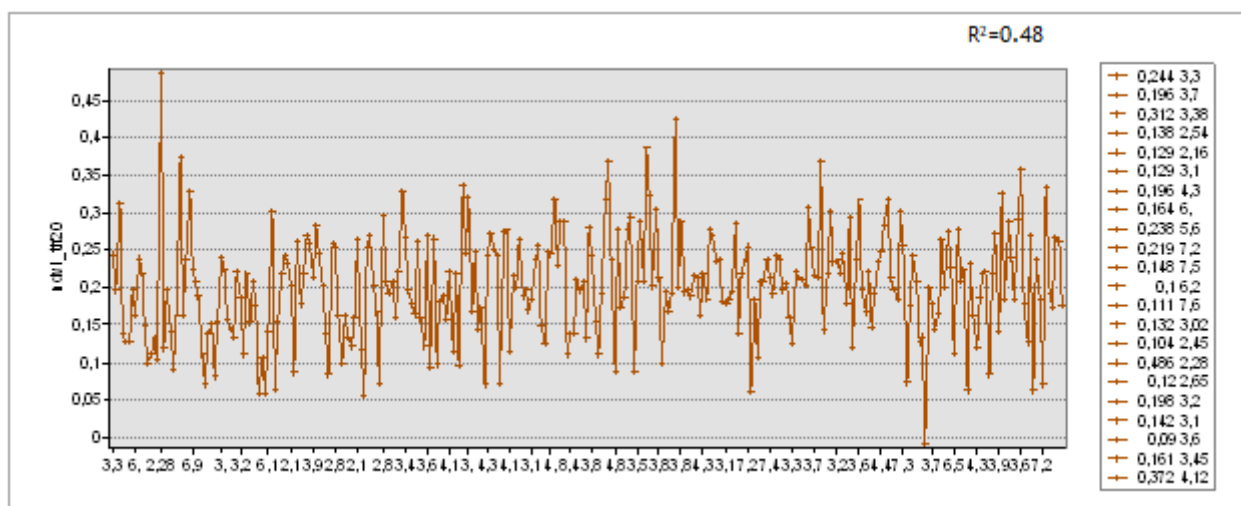


Рис. 6. График корреляционной зависимости развития растений изображений NDVI с засолением для 04, 07, 10 месяцев 2022 года

Изучены степени корреляции зависимости развития растений от засоления почвы. Соответственно, развитие растений на сильно позитивной степени коррелировало с засолением почвы (рис. 6). Степень корреляции

составила $R=0,48$. Причиной является возделывание сельскохозяйственных культур в жаркую погоду.

Изображения NDVI позволяют использовать их для проверки точности созданного нами метода. Изображения Landsat бесплатны, а широта охвата имеет важное значение при проведении анализа в глобальном масштабе. Однако главным затруднением при анализе изображений в глобальном масштабе было время, затраченное на них. Из-за большого размера изображения пользователем наблюдался большой объем анализа данных в течение нескольких суток. В результате этих исследований эти проблемы выявлены с помощью использования программы ArcGIS: точность полученных данных была повышена в результате затраты 12 минут времени для сегментации 154 изображений.

Выводы

На основании проведенных исследований можно привести следующие выводы:

- усовершенствован дистанционный мониторинг уровня грунтовых вод и общей минерализации при помощи устройства «Гидрогеомонитор» (ГГМ-1) при помощи методов Map Algebra и Interpolation IDW программы Arc Gis;
- разработан метод повышения осуществления контроля технического и эксплуатационного состояния гидрогеологических систем с помощью геоинформационных систем;
- обоснован анализ гидрогеолого-мелиоративного мониторинга при помощи спутниковых снимков Landsat;
- разработан метод анализа мониторинга засоления почвы с использованием изображений NDVI.

Использованная литература

1. Hamidov, A., K. Daedlow, H. Webber, H. Hussein, I. Abdurahmanov, A. Dolidudko, A. Seerat, U. Solieva, T. Woldeyohanes, and K. Helming. 2022. Operationalizing water-energy-food nexus research for sustainable development in social-ecological systems: an interdisciplinary learning case in Central Asia. *Ecology and Society* 27(1):12. <https://doi.org/10.5751/ES-12891-270112>
2. Ruziev I.M., Akmalov Sh.B. Geographical object based image analysis (geobia) *Scientific and technical journal «Sustainable Agriculture»* №1(1).2018.
3. A. Dolidudko, Z. Bakhtiyorov, K. Khamraev, M. Nasirova, A. Osmonov, M.D. Peña-Guerrero. Sustainability of agriculture under water scarcity: impact assessment in the context of water-energy-food nexus. *Journal of «Sustainable Agriculture»* №3(11), 2021, pp. 50-52.
4. Dolidudko A., Rakhimova M. Method of Increasing the Reliability of the Open Horizontal Drainage System For the Purpose of Managing the Melioration Regime of the Syrdarya Region. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*. ISSN: 2350-0328. India, Vol. 8, Issue 9, September 2021 pp. 18109-18114.
5. Ruziev I.M., Akmalov Sh.B. The role of Geoinformation (GIS) technologies in water management *Scientific and technical journal «Sustainable Agriculture»* №1(2).2019.
6. Yusupov G.U., Nurjanov S.E., Ruziev I.M. On the establishment of the correlation dependence of results of physical properties, dynamic probing and filtration coefficient from the granulometric composition of alluvial sands in the valley of the Amudarya river For taking part in the international Scientific Conference «Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering»(CONMECHYDRO-2020) held on April 23-25, 2020. Tashkent, Uzbekistan.
7. Чембарисов Э.И., Рахимова М.Н., Дolidудко А.И. Гидрологические и гидрохимические характеристики коллекторно-дренажных вод среднего течения бассейна р. Сырдарьи. Международная научно-практическая конференция «Гидрометеорология, изменение климата и мониторинг окружающей среды: актуальные проблемы и пути их решения» Ташкент 7 мая 2021 г., стр. 147-150.

Рекомендации по управлению водными ресурсами бассейна реки Амударья

Сорокин Д.А., Сорокин А.Г.

Эффективное управление водными ресурсами бассейнов рек, имеющих водохранилищные гидроузлы (к которым можно отнести бассейн реки Амударья), предполагает выработку решений следующих задач:

1. Как спланировать распределение водных ресурсов между водопотребителями (вдоль рек и по времени), максимально обеспечивая их требования на воду, увязав это распределение с работой водохранилищных гидроузлов, регулирующих сток рек согласно разработанных для них «правил».

2. Как обеспечить выполнение «плана» распределения и регулирования стока водохранилищами в реальной водохозяйственной обстановке (при изменении водности рек, требований на воду), оперативно устраняя возможные негативные последствия отклонений фактических режимов от «плана».

3. Как организовать наилучшим образом координацию участвующих в управлении лиц (организаций), централизованный контроль за процессом управления, используя все возможности организационной структуры и юридического обеспечения.

Организация эффективного управления – комплексная задача, включающая в себя ряд обязательных взаимосвязанных процедур (действий) по планированию, оперативному управлению и контролю.

Планирование включает:

1. Оценку располагаемых к использованию водных ресурсов – алгебраическая сумма прогноза стока рек зоны формирования, начального наполнение водохранилищ, прогноза возвратного стока в реки и (минус) оценки русловых потерь и потерь воды в водохранилищах.

2. Расчет требуемого водопотребления (лимиты на водозабор, экологические попуски).

3. Расчет режимов работы водохранилищных гидроузлов, в рамках, установленных для гидроузла, «правил» регулирования стока.

4. Расчет элементов и составление русловых балансов, водных балансов водохранилищ, с целью:

а) определения возможных дефицитов воды и соответствующих процентов урезки лимитов;

б) корректировки регулирования стока, производимой с целью минимизации (или устранения) дефицитов воды;

5. Согласование, возможная корректировка плановых показателей и их утверждение.

Оперативное управление условно можно разделить на оперативное планирование и реализацию оперативного плана. Оперативное планирование ведется в течение всего периода (на который был разработан «план»), и для каждого момента времени t (сутки, декада), начинается с анализа фактической водохозяйственной ситуации на этот момент времени, т.е. с оценки дефицита и переборов воды за предыдущий период, оценки выполнения плановых показателей распределения и регулирования стока, составления фактического руслового и водного баланса, включающего определение невязок баланса, показывающих наличие неучтенных потерь (затрат) или неучтенного притока воды на участок.

При оценке фактической ситуации для речного участка рекомендуется рассчитывать следующие показатели (в млн.м³):

1. Текущий на момент времени t (сутки, декада) дефицит воды – превышение максимальных требований на воду (неурезанный лимит) над фактическим водозабором, по декадам, в т. ч. нарастающим итогом.

2. Объем на момент времени t переборов воды – превышение объемов фактического водозабора над объемом максимальных требований, по декадам, в т. ч. нарастающим итогом.

3 Объемы покрытия накопленных в предыдущий период дефицитов воды в текущей декаде.

4. Показатель обеспеченности максимальных требований на водозабор – отношение объема дефицита или переборов воды к объему неурезанного лимита,

5. Показатель обеспеченности урезанного лимита – отношение разницы фактического водозабора и урезанного лимита к урезанному лимиту (показатель используется в случае принятия решения по урезки лимита на водозабор),

6. Показатель равномерности распределения дефицита воды по участкам – отношение показателя обеспеченности максимальных требований на водозабор на i -м участке для k -го потребителя (водохозяйственного

района страны) к среднему значению этого показателя для всей реки и всех потребителей.

Для участков рек с водохранилищными гидроузлами (в дополнение к предыдущим показателям) (в млн.м³):

1. Отклонение притока воды к гидроузлу по прогнозу от фактического притока воды, по декадам, в т. ч. нарастающим итогом.
2. Отклонение расчетного (планируемого) попуска воды из гидроузла от фактического, по декадам, в т. ч. нарастающим итогом.
3. Отклонение расчетных (планируемых) объемов воды в водохранилищах от фактических, по декадам.

Рекомендации по оперативному планированию:

1. Принятие решения об оперативном увеличении водозабора (сверх установленного лимита) с целью «погашения» дефицита в предыдущую декаду (декады),
2. Принятие решения о выравнивании показателя обеспеченности требований на водозабор по участкам реки, посредством целевого увеличения водозабора на отдельных участках и его уменьшения на других

На стадии оперативного планирования рекомендуется осуществлять посуточный контроль за трансформацией водных ресурсов вдоль русла Амударьи, рассчитывать элементы руслового баланса с учетом сдвижки по времени расходов воды от верхнего створа к нижнему.

Расчет элементов руслового баланса Амударьи можно осуществлять по рекомендациям, изложенным в работе [2], а водного баланса водохранилищ Тюямуюнского гидроузла (ТМГУ) – по рекомендациям, изложенным в работе [2]. В данных работах приводятся полученные в НИЦ МКВК алгоритмы и функции, позволяющие рассчитывать по участкам реки Амударья и в водохранилищах ТМГУ потери воды на испарение и фильтрацию. Ввод расчетных значений потерь в балансовые уравнения позволяют значительно снизить фактические невязки баланса и повысить эффективность расчетов по планированию и оперативному управлению.

При существующей практике управления водными ресурсами Амударьи все излишки водных ресурсов, прежде всего, аккумулируются в водохранилищах, и только при высокой водности, после наполнения водохранилищ, направляются в Приаралье. Данную практику предлагается изменить, определив для маловодных лет первоочередную, гарантированную подачу воды в Приаралье и Аральское море. В случае особого маловодья (превышения дефицита воды некоторого уровня) предлагается устанавливать урезку экологического стока пропорционально средней в бассейне нехватки воды.

Сток реки Амударья должен обеспечивать:

1. Санитарные расходы вдоль русла
2. Экологические попуски в озера Приаралья
3. Попуски в Аральское море, поддерживающие ее западную часть на расчетном уровне объема, площади водной поверхности
4. Санитарно-экологические попуски в каналы нижнего течения

Санитарные попуски устанавливаются с целью поддержания реки в качестве водного объекта, имеющего природную и социальную ценность, в частности для недопущения ухудшения санитарной обстановки и качества воды. Для условий бассейна Амударья по назначению санитарных попусков можно применить подход к расчету и рекомендации, изложенные в работе [4].

Подача в западную часть Аральского моря рекомендуется для среднего по водности года в $3.0 \text{ км}^3/\text{год}$, с допустимым снижением в маловодные годы до $2.1 \text{ км}^3/\text{год}$, и обязательным увеличением в многоводные – не ниже $4 \text{ км}^3/\text{год}$. По оценке Агентства МФСА, проведенной совместно с офисом ПРООН в Узбекистане в 2020 году [5], в озера Южного Приаралья, в средние по водности годы необходимо подавать не менее $4.8 \text{ км}^3/\text{год}$, с допустимым снижением в маловодные годы до $3.6 \text{ км}^3/\text{год}$.

В работе [1] приводятся сведения о результатах исследований проекта «Разработка электронных правил внутригодового управления стоком реки Амударья», которые НИЦ МКВК проводил совместно с БВО «Амударья» с 2021 по 2022 годы по договору МУК-2021-41 с Министерством инновационного развития Республики Узбекистан. Идея данной работы была высказана профессором В.А. Духовным в 2019 году во время диалога с экспертами из Института географических наук и исследований природных ресурсов Академии Наук Китайской Народной Республики, которые посетили Узбекистан.

«Электронные правила» как инструмент планирования, представляет собой «Информационную систему поддержки принятия решений (ИСППР) в области управления водными ресурсами малого бассейна Амударья» – области управления МКВК/БВО «Амударья», включает рекомендации по:

а) составлению элементов русловых балансов реки Амударья на участке г/п Келиф – г/п Саманбай, таких как, возвратный сток, русловые потери, русловое регулирование (изменение воды в русле реки), потери воды в Нурекском водохранилище и водохранилищах Тюямуюнского гидроузла,

б) режимам работы Нурекского водохранилища и Тюямуюнского гидроузла,

с) назначению экологических попусков по реке Амударья, включая подачу воды в Аральское море.

Согласно рекомендациям, изложенным в «Электронных правилах», при назначении попусков воды из ТМГУ предлагается анализировать текущий объем воды в водохранилище (суммарные объем по всем водохранилищам) по наиболее распространенной форме «Диспетчерских правил» – графической зависимости, построенной в координатах: время (ось X) – объем воды в водохранилище (ось Y).

Рекомендуется пользоваться разработанным нами графиком $V(t)$, построенном по данным эксплуатации ТМГУ за 1992-2022 гг. На графике $V(t)$ можно выделить следующие зоны (рис. 1):

Зону А. - Зона ограничена кривыми « $H=130$ м» и «max»

Зону В. - Зона ограничена кривыми «max» и « $P=90\%$ »

Зону С. - Зона ограничена кривыми « $P=90\%$ » и «min»

Зону D. - Зона ограничена кривыми «min» и « $H=120$ м»

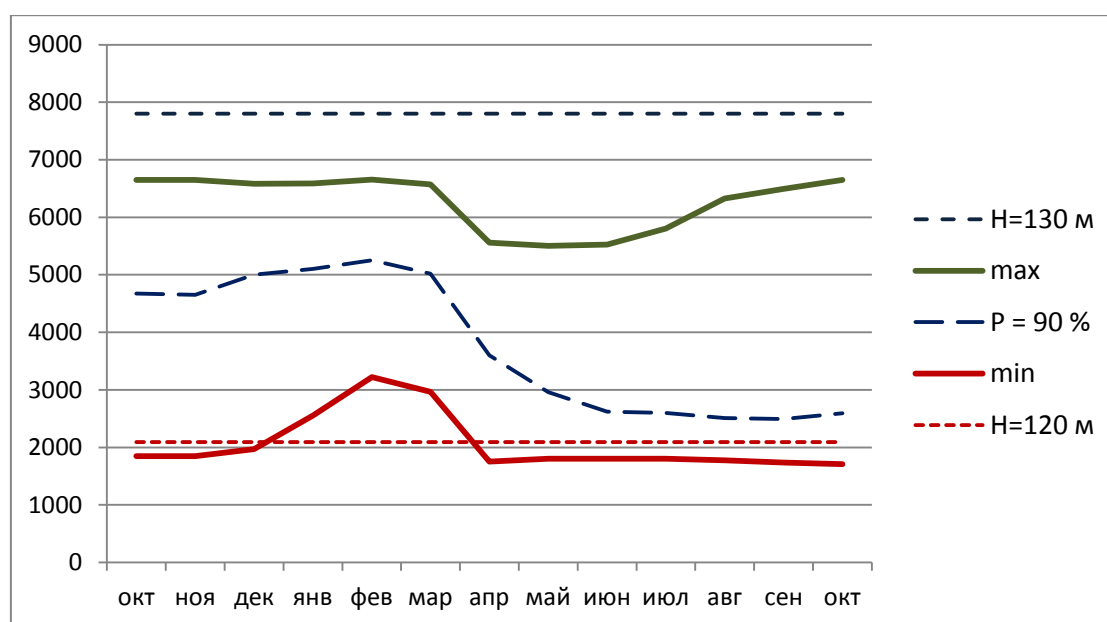


Рис. 1. Кривые, очерчивающие характерные зоны режимов наполнения водохранилищ ТМГУ

Кривая « $H=130$ м» – общий объем воды в водохранилищах ТМГУ, соответствующий отметке уровня воды в водохранилище 130 м (НПУ), кривая « $H=120$ м» – объем воды в водохранилищах ТМГУ, соответствующий отметке уровня воды в водохранилище 120 м (УМО). Таким образом,

между этими кривыми находится призма регулирования – полезный объем воды в водохранилище.

Кривые «max» и «min» – кривые наполнения водохранилищ, очерчивающие максимальные и минимальные объемы воды в водохранилищах ТМГУ, наблюдаемые в период 1992-2022 гг.

Кривая «P=90 %» – кривая наполнения водохранилищ ТМГУ, ниже которой отдача ТМГУ не гарантирует в маловодные годы выполнение всех требований на воду в нижнем течении Амударьи.

Работа ТМГУ в зона «А» возможна в особо многоводные годы, при суммарном начальном наполнении водохранилищ к началу октября не ниже 6.5 км^3 .

Работа ТМГУ в зона «В» гарантирует для лет обеспеченностью $P < 75 \%$ работу водохранилищ ТМГУ без урезки лимитов на водозабор в нижнем течении и подачу воды в Приаралье и Арал по требованиям.

Зона С – зона ограниченной отдачи ТМГУ, не гарантирующая для маловодных лет водозабор в нижнем течении по лимитам (максимальным за период 1992-2022 гг.).

Зона D – зона устойчивого дефицита воды, при котором осуществляется опорожнение водохранилищ ниже отметки 120 м.

Согласно графику, при оперативном управлении в годы средней водности рекомендуется, по возможности, держать суммарные объем воды в зоне «В», в маловодные годы – в зоне «С».

При этом, в годы средней водности конечный объем в водохранилищах ТМГУ не должен быть меньше начального. В маловодные годы (при начальном наполнении не ниже 4.5 км^3) такие условия невыполнимы.

В многоводные годы, следующие за маловодными, следует вернуть наполнение водохранилищ в зону «В».

Для Нурекского водохранилища «Электронные правила» рекомендуют пользоваться диспетчерским графиком, построенном нами на фактических данных 1992-2022 гг. (рис. 2). На графике зона работы гидроузла очерчена двумя кривыми.

При энергетическом режиме гидроузла опорожнение водохранилища начинается с ноября (кривая 1) до апреля (кривая 2), а наполнение – с апреля (кривая 2) до августа (кривая 1). Такой режим имеет риски холостых сбросов ГЭС и потерь электроэнергии на них.

Энерго-ирригационный режим на стадии опорожнения предполагает приближение к кривой 1 (начало апреля), а наполнение с июня, в приближении к кривой 2. Такой режим наиболее комфортен к условиям и требованиям маловодного года, и позволяет увеличить попуски из водохрани-

лица в мае-июле, что позволит снизить дефициты маловодного года, и снизить риски холостых попусков.

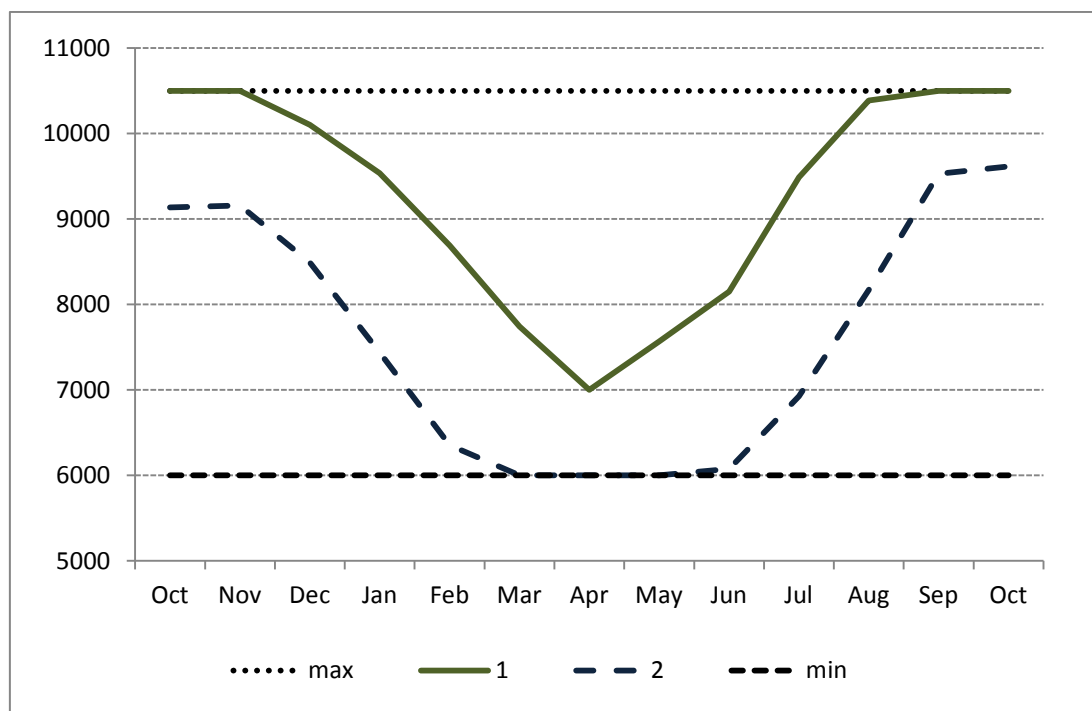


Рис. 2. График объемов воды в Нурекском водохранилище, $V(t)$, млн.м³ : обработка данных фактической эксплуатации 1992-2022 гг.

14-16 декабря 2022 года в офисе БВО «Амударья» специалистами НИЦ МКВК был проведен тренинг по работе с информационно-программным комплексом «Электронные правил управления стоком реки Амударья».

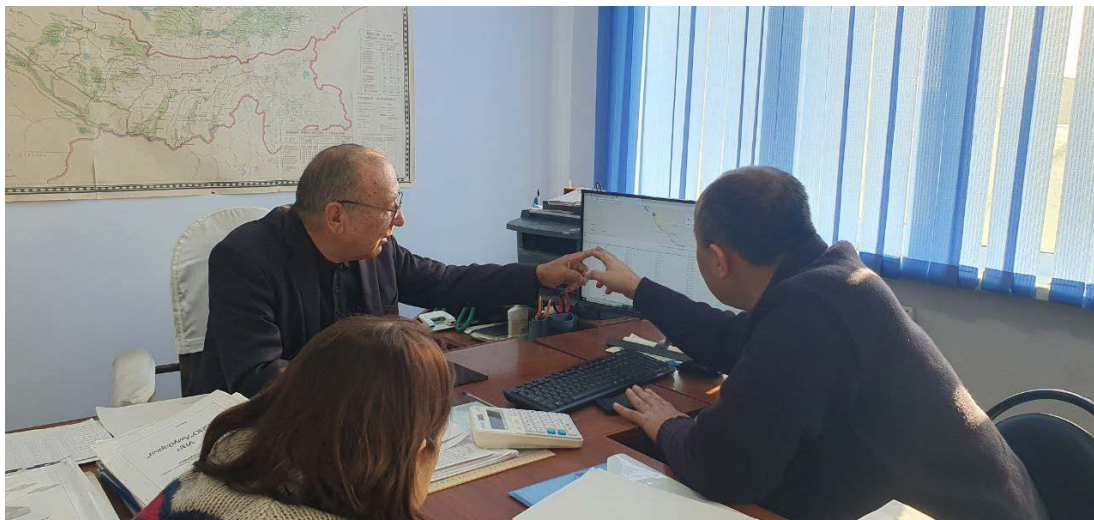


Рис. 3. Ведущий специалист НИЦ МКВК И. Эргашев показывает работу информационно-программного комплекса «Электронные правила управления стоком реки Амударья» начальнику Управления водными ресурсами БВО «Амударья» М. Сапарбаеву и главному специалисту Г. Кадыровой. Фото Л. Назарий

Использованная литература

1. Сорокин Д.А. Повышение эффективности планирования распределения водных ресурсов реки Амударья посредством компьютерного моделирования. Сборник научных трудов НИЦ МКВК, выпуск 18, Ташкент, 2022.
2. Сорокин А.Г., Зайтов Ш., Сорокин Д.А., Назарий А.М., Эргашев И. К вопросу о методике расчета руслового баланса Амударьи. Сборник научных трудов НИЦ МКВК, выпуск 18, Ташкент, 2022.
3. Сорокин Д.А. Методика оценки потерь воды в водохранилищах Туюмююнско-го гидроузла. Сборник научных трудов НИЦ МКВК, выпуск 18, Ташкент, 2022.
4. Сорокин А.Г., Тучин А.И., Никулин А.С., Сорокин Д.А. Экологическое состояние низовьев Амударьи и Сырдарьи и необходимость экологических попусков по ним. Экологические попуски. Публикации Тренингового центра МКВК, вып. 1, Ташкент, 2003.
5. Сохранение и устойчивое управление озерами, водно-болотными угодьями и прибрежными коридорами как основы устойчивого и нейтрального к деградации земель ландшафта бассейна Аральского моря, поддерживающего устойчивое жизнеобеспечение.

Амударья – дело тонкое!

Рысбеков А.Ю.

Вода является источником жизни для всего живого. Одним из необходимых условий поддержания устойчивого развития и обеспечения жизнедеятельности человека является стабильный доступ к пресной воде.

Согласно оценкам Всемирной метеорологической организации, 97,5 % вод Земли – соленые, 2,5% – пресные. Из пресных вод 2,24% недоступны или труднодоступны (полярные льды, ледники, глубокие подземные воды). Только 0,26% общего объема мировых пресных вод являются доступными для использования. Эти 0,26% вод Земли и являются потенциальным источником возможных конфликтов [1].

Трансграничная река Амударья тоже относится к рекам, имеющим конфликтный потенциал. Согласно отчету Директора национальной разведки США от 2010 г., где изучались бассейны рек Нила, Тигра, Евфрата, Меконга, Иордана, Инда, Брахмапутры и Амударьи, было подчеркнуто, что нехватка водных ресурсов (ВР) могут привести к потенциальным конфликтам в этих трансграничных реках. По словам Питера Глейка из Тихоокеанского института изучения развития, экологии и безопасности, риск конфликтов растет из-за роста конкуренции, плохого руководства и воздействий изменения климата. В этой связи, такие страны, как Афганистан, которые имеют достаточно объемов ВР, в крайней степени уязвимы к конфликтам из-за воды с соседями [2].

И так, мы имеем с одной стороны Амударью с конфликтным потенциалом, с другой – соседний Афганистан, уязвимый к конфликтам из-за ВР. Рассмотрим подробнее.

Афганистан – официальное название с 2021 года – Исламский Эмират Афганистан. Страна, богатая ВР, в основном за счет высокогорных заснеженных долин, таких как Ваккан, Гиндукуш и Баба. По современным оценкам, страна располагает 75 км³ потенциальных ВР, из которых 55 км³ – поверхностные, и 20 км³ – подземные ВР. Основываясь на гидрологических и морфологических принципах, страну можно разделить на 4 основных речных бассейна.

Главные характерные черты речных бассейнов Афганистана [9]

Речной бассейн	Реки, относящиеся к этому бассейну	Площадь водосбора (км ²)	Объем воды (млрд м ³)
бассейн р. Амударья	Вахан, Кокча, Кундз, Памир/Пяндж, Мургаб, Шрин Тагаб, Сурпул, Булх, Кашан, Кушк, Гулраб	302 000	24
бассейн р. Гельминд	Гельминд, Аргандаб, Газни, Транк, Аргастан, Мусса Кала	218 600	6.5
Западный речной бассейн	Хаш, Фархарод, Адерскан, Хариерод и т.д.	85 300	2.5
бассейн Кабул/Инд	Кабул, Кунар, Алишинг, Алинегар, Логар, Пангшир, Шутол, Горбунд, Лагхман, Майдан	72 000	22
ИТОГО			55

Амударья – одна из самых крупных рек в Центральной Азии (ЦА), по длине уступает только Сырдарье и является самой полноводной рекой в ЦА. Годовой сток Амударьи в среднем составляет более 70 км³. В мало-водные годы годовой сток по Амударье составлял почти в два раза меньше (в 2000 г. – 41.7 км³, в 2008 г. – 34.9 км³, в 2012 г. – 45.4 км³). Основной речной сток Амударьи формируется в Таджикистане 73 %, около 14.5 % – в Афганистане (включая Иран), 8.5 % – в Узбекистане и чуть более 2 % – в Туркменистане. Площадь бассейна Амударьи более 300 тысяч. км². Река делится между Афганистаном, Кыргызстаном, Таджикистаном, Туркменистаном и Узбекистаном. Амударья является очень важной рекой в ЦА, которая обеспечивает существование более 40 млн. людей, проживающих в бассейне реки Амударья.

В конце 2022 года СМИ часто начали писать о строительстве Афганистаном канала «Куштепа» («Коштепа») и что после завершения строительства Афганистан намерен увеличить забор воды из Амударьи до 10 км³ (ранее примерно 3 км³). Строительство канала, которое обойдется в 684 миллионов долларов, началось в марте 2022 года. Его протяженность составит 285 километров. Ширина канала – сто метров, глубина – восемь с половиной метров. Водозабор будет на левом берегу Амударьи в уезде Кальдар провинции Балх. Канал призван орошать 550 тысяч гектар земли в трех афганских провинциях: Балх, Джаузджан и Фарьяб [3]. В свою очередь, такое увеличение забора воды, без согласования с соседними странами, не останется незамеченным и может нанести серьезный ущерб экологи-

гии, экономике и сельскому хозяйству стран низовий, особенно Узбекистану и Туркменистану.

На сегодняшний день не существует ни одного подписанного с Кабулом двустороннего и многостороннего соглашения, за исключением афгано-иранского соглашения по реке Гильменд.

В свое время между СССР и Афганистаном были заключены соглашения по использованию трансграничных водных ресурсов (ТВР). Наиболее значимыми являлись:

- Соглашение о границе между Афганистаном и Союзом Советских Социалистических Республик, (установление границ по рекам Амударья и Пяндж) от 1946 г.;

- Договор между правительством СССР и Королевским правительством Афганистана о режиме советско-афганской государственной границы от 1958 г. Согласно договору каждая сторона будет уважать взаимные права и интересы договаривающихся Сторон при использовании пограничных вод; Вопросы, касающиеся использования (границных) вод, будут решаться специальными соглашениями между договаривающимися Сторонами; Стороны должны обмениваться информацией об уровнях и объеме вод на границе; также Сторонам следует достигать согласия о вододелинии.

В 1973 г. Афганистан и Советский Союз заключили соглашения, касающиеся Амударьи [4].

В 1977 г. правительство Афганистана направило в Ташкент делегацию для переговоров относительно заключения советско-афганского соглашения о совместном использовании ВР. Советский Союз был готов экспортировать 6 куб. км³ в год, тогда как Афганистан запрашивал импортную квоту в 9 куб. км³ воды в год. Ввиду указанных разногласий соглашение не было заключено [5, 6].

В 1980-е гг. для ЦА стран были разработаны лимиты забора воды согласно схемам комплексного использования и охраны ВР (КИОВР) для каждой водной артерии региона: в 1984 г. – для реки Сырдарья, в 1987 – для Амударьи. Для составления этих схем учитывался ряд основных факторов, в частности: наличие ВР, поливных земель, уровень сельскохозяйственного развития, численность населения. В дальнейшем на основе этих схем для каждой республики определялась необходимая для ее социально-экономического развития доля ВР. В данных документах предусмотрено, что в сферу межгосударственного управления и распределения ВР в бассейне реки Амударья входит река Амударья и её основные притоки – стволы рек Вахш, Пяндж и Кафирниган (малый бассейн Амударьи). Вододеление было установлено исходя из водозабора из реки в размере 61,5 км³ и

вычета отбора в Афганистан ($2.10 \text{ км}^3/\text{год}$) в следующих пропорциях: Кыргызстан 0,6 %; Таджикистан (15,4 %); Узбекистан (48,2 %) и Туркменистан (35,8 %).

Как было сказано выше, соглашения между СССР и Афганистаном по Амударье всё-таки были, но они в основном касались пограничных вопросов и не предусматривали механизмы вододеления в количественном выражении.

После распада СССР, перед независимыми странами ЦА остро стоял вопрос распределения ВР трансграничных рек между странами региона. Учесть все интересы при распределении ВР было очень сложно, необходимо было учесть экономические, водно-энергетические, экологические и политические аспекты. В итоге Кыргызстан, Таджикистан, Туркменистан и Узбекистан пришли к договоренности, что сохраняют «сложившуюся структуру и принципы распределения» ВР Амударьи согласно схемам КИОВР от 1987 г.

Кроме того, страны ЦА после обретения независимости, создали ряд институтов регионального сотрудничества по ВР, в частности:

- Международный Фонд спасения Арала (МФСА)
- Межгосударственную координационную водохозяйственную комиссию Центральной Азии (МКВК);
- Подведомственные бассейновые органы управления Амударьей и Сырдарьей (БВО Амударья и БВО Сырдарья) и др.

МКВК ЦА является органом ответственным за определение водохозяйственной политики в регионе, а также за разработку и утверждение лимитов водозаборов для стран. Осуществление оперативного управления и непосредственного вододеления по реке Амударья поручено БВО Амударья. В настоящее время межгосударственное УВР Амударьи осуществляется четырьмя странами (Кыргызстан, Таджикистан, Туркменистан и Узбекистан).

Афганистан ввиду сложной политической обстановки в стране, не был вовлечен в процесс управления ВР Амударьи и не стал членом управленческих водохозяйственных организаций, хотя является вторым по величине поставщиком ВР в Амударью после Таджикистана. Поэтому существует очевидная необходимость тесного сотрудничества и вовлечения Афганистана в региональные водохозяйственные организации. Положительным моментом могло бы быть внесение Афганистаном предложения о вступлении в МКВК ЦА в качестве наблюдателя и с дальнейшим вступлением как полноправный член в МКВК и МФСА.

В настоящий момент основной причиной напряженности между странами верховья и низовья стран ЦА является режим водостока. Страны

низовья находятся в сильной зависимости от верхних стран, которые находятся в более благоприятных условиях обеспеченности ВР и фактически контролируют главные водные артерии ЦА. Афганистан тоже расположен в верхнем течении ключевых речных бассейнов Центральной и Юго-Восточной Азии, что дает ему больший контроль и доступ к ВР. Поэтому вектор национального развития и внешней политики Афганистана будет оказывать существенное влияние и на другие государства региона. Все это требует особого внимания к происходящим в Афганистане событиям.

Странам ЦА очень важно понимать намерения и политику Афганистана по трансграничным водам, в целях недопущения конфликтов из-за ВР Амударьи.

Важным документом для понимания будущих намерений Афганского народа является официальный доклад – «Политика Афганистана по трансграничным водам», подготовленный Правительством Афганистана.

Документ прямо упрекает соседей в том, что за прошедшие 30 лет интересы страны были проигнорированы. Некоторые моменты из документа: «В течение этого периода Афганистан не был в состоянии реализовать уже подготовленные и находящиеся в стадии подготовки проекты, то есть защитить свои интересы».... «Ожидается, что требование на воду в Афганистане увеличится до предвоенного уровня».... «Инициировано выполнение проектов по многоцелевому развитию водного хозяйства, а некоторые из тех сооружений, строительство которых было начато десятилетия назад, но приостановлено.... теперь повторно изучаются и финансируются международными донорами, тем самым будут оказывать воздействие на сток в соседние государства».

Афганское правительство понимает необходимость международных соглашений с соседними государствами для того, чтобы:

- защитить афганские права на воду;
- гарантировать надлежащее управление ограниченными ВР;
- лучше управлять повторяющимися наводнениями и засухой;
- уменьшить риск загрязнения и защитить окружающую среду;
- установить справедливое и устойчивое распределение воды между государствами;
- поддерживать региональное сотрудничество и обмен информацией;
- получать выгоду при совместном использовании рек;
- предотвращать возможные конфликты по воде.

Афганское правительство надеется, что международные соглашения:

- улучшат общее взаимопонимание между Афганистаном и его соседями;
- уточнят обязанности каждой стороны;
- улучшат управление водными ресурсами, и будут содействовать двустороннему и многостороннему экономическому развитию;
- уменьшат вмешательства, улучшат взаимоотношения и помогут решению других политических вопросов;
- поддержат и увеличат инвестиции в ВР со стороны международных доноров, финансовых институтов и соседних государств;
- обеспечат надлежащее использование, развитие, охрану, управление и защиту трансграничных водных ресурсов Афганистана, и поддержат оптимальное и устойчивое использование для настоящего и будущего поколения.

Согласно Политике Афганистана по трансграничным водам, при заключении соглашения Афганская сторона будет твердо придерживаться следующих принципов:

- гарантировать, что достаточное количество и качество воды будет доступным для населения Афганистана, его социально-экономического развития и защиты окружающей среды;
- обеспечивать руководство по рациональному использованию и распределению ВР, с учетом особой ситуации и потребностей Афганистана, поскольку развивающаяся страна замедлила свое естественное развитие за годы войны, гражданской борьбой, а также из-за иностранных сил, действующих против интересов страны;
- защищать обоснованные интересы Афганистана, уважая в максимально возможной степени использование воды соседними государствами, сложившееся в прошлые годы;
- предотвращать нанесение вреда населению Афганистана и соседним государствам, в частности, обеспечивать соответствующее водоснабжение для жизненно важных потребностей человека;

Афганистан будет уважать международное право и конвенции по трансграничным водам и использовать их в качестве руководства при заключении соглашений и договоров с соседними государствами в той степени, чтобы защитить здоровье и условия жизни и быта афганских людей [7].

Исходя из политики Афганистана по трансграничным водам, можно сделать следующие выводы:

- Афганистан как минимум недоволен существовавшей и по сей день существующей системой управления и распределения ВР по трансграничным водам;
- Афганистан будет развивать водно-энергетический сектор;
- Афганистан увеличит водозабор из Амударьи для развития сельского хозяйства;
- Афганистан готов к диалогу и собирается уважать международное право и Конвенции по трансграничным водам;
- Афганистан надеется, что международное сотрудничество на трансграничных реках улучшит экономическое развитие всех сторон соглашения.

Согласно данным Всемирного банка, сейчас страны ЦА по сравнению с другими странами мира, не испытывают нехватку ВР, так как объёмы доступных ВР на душу населения в Казахстане, Кыргызстане и Туркменистане превышают показатели половины стран мира. В Таджикистане и Узбекистане обеспеченность ВР на душу населения еще ниже чем у соседей, но и эти страны не испытывают дефицита воды. Основной проблемой ЦА стран все еще остаётся крайне низкая экономическая продуктивность использования ВР. Страны ЦА не используют свой водный потенциал в полной мере и дальнейшее экономическое развитие ЦА, будет зависеть от управления водными ресурсами (УВР) говорится в [8].

С ростом численности населения ЦА будут расти и потребности в ВР. При этом нужно учитывать, что климат в регионе меняется, ледники тают, глобальное потепление не за горами и если добавить к нему уже очевидное увеличение водозабора Афганистаном из Амударьи (после окончания строительства канала «Куштепа»), то уже можно увидеть невооруженным глазом конфликтный потенциал Амударьи. Бездействие может привести к серьезным проблемам.

Согласно теории конфликтов, успешное управление конфликтами имеет определенную последовательность:

1. Предвидение (прогноз) потенциальных конфликтов;
2. Принятие превентивных мер по их предотвращению;
3. Реагирование на возникший конфликт;
4. Разрешение конфликта.

После распада СССР странам ЦА удалось управлять этими процессами и не допустить серьезных конфликтов по ТВР. К примеру – страны-

инициаторы первых договоренностей – (Ташкентское заявление 1991 г. и Алма-атинское Соглашение 1992 г.) в сфере совместного управления трансграничных ВР ЦА, действовали по классической схеме, предвидели возможный конфликт и приняли меры, путем создания международно-правовых основ трансграничного водного сотрудничества.

Кажется, в настоящий момент работа над такими механизмами, как предвидение и принятие превентивных мер в сфере совместного управления ТВР ЦА ведется слабо, так как сокращение водостока Амударьи не за горами. Скорее всего, в будущем работа начнется либо с реакции на возникший конфликт, либо с его разрешения [1].

Согласно политике Афганистана по трансграничным водам, «Афганистан будет уважать международное право и конвенции по трансграничным водам, и использовать их в качестве руководства при заключении соглашений и договоров с соседними государствами», а также «уважать и строить отношения с соседними государствами с учетом сложившееся ситуации использование воды, в прошлые годы». Эти намерения Афганистан должны быть использованы и заранее подготовлены обоснованные доказательства нужд населения и природного комплекса своих стран в соответствии с критериями международных Конвенций [8].

Бесконтрольное и нерациональное использование ВР Амударьи без учета интересов и обычаев всех народов, проживающих вдоль реки, могут стать причиной серьезных конфликтов. Название статьи «Амударья – дело тонкое» было взято из слов красноармейца Сухова из кинофильма «Белое солнце пустыни» (1970 г.) «Восток – дело тонкое!», которая уже давно стала крылатой фразой. Суть данного высказывания одновременно проста и глубока – общение с другими народами требует знания и учёта их обычаев, традиций, психологии, а также прочих тонкостей и нюансов.

Политика Афганистана по трансграничным водам дает надежду, что Афганистан почувствует всю тонкость использования вод Амударьи – не забывая при этом учитывать интересы и обычаи народов соседних стран, а также руководствоваться международными водными Конвенциями при планировании и использовании ТВР.

Использованная литература

1. Межгосударственному водному сотрудничеству в Центральной Азии – 20-лет: некоторые уроки [Ю.Х. Рысбеков] НИЦ МКВК. Доступ: http://www.cawater-info.net/bk/water_law/pdf/rysbekov5-2012.pdf

2. Афганистан: проблемы управления трансграничными водами. НИЦ МКВК. Ташкент 2018 Доступ: http://www.cawater-info.net/afghanistan/pdf/afg2_2018.pdf

3. С какими трудностями столкнется Узбекистан из-за строящегося в Афганистане канала Кош-тепа? Доступ: <https://podrobno.uz/cat/obchestvo/s-kakimi-trudnostyami-stolknetsya-uzbekistan-iz-za-stroyashchegosya-v-afganistane-kanala-kosh-tepa/>
4. Афганистан в водной проблематике Центральной Азии Бояркина О. А. (Российская Федерация) Доступ: <https://cyberleninka.ru/article/n/afganistan-v-vodnoy-problematike-tsentralnoy-azii/viewer>
5. Эффективное использование водных ресурсов Афганистана Новые возможности для регионального сотрудничества. М. Кинг, Б. Стюртеваген. 2010 г. Доступ: http://amudaryabasin.net/sites/amudaryabasin.net/files/resources/Afghanistan_Water.pdf
6. Центрально-азиатские воды: Мозаика, составленная из проблем социального, экономического, экологического характера и вопросов осуществления руководства. Доступ: https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-casena_files/ru/pdf/ca_water_puzzle.pdf
7. Водные ресурсы Афганистана. НИЦ МКВК 2008. Доступ: http://www.cawater-info.net/library/rus/carewib/water_resources_afghanistan.pdf
8. Центральная Азия: на пути к укреплению водной безопасности и устойчивости экономик Доступ: <https://pubdocs.worldbank.org/en/321061585555266133/CAWEP-Water-Security-Brochure-26-Mar-ru.pdf>
9. Управление водными ресурсами в Афганистане: проблемы и альтернативы Доступ: <http://www.cawater-info.net/afghanistan/afg6.htm>

Редактор: Беглов И.Ф.

Верстка: Беглов И.Ф.

Подготовлено к печати
в Научно-информационном центре МКВК

Республика Узбекистан, 100 187,
г. Ташкент, м-в Карасу-4, д. 11А

sic.icwc-aral.uz