

УДК 556.114

Н. Г. Верещагина<sup>1</sup>, В. Е. Чуб<sup>2</sup>, А. А. Щетинников<sup>3</sup>, А. М. Мухаметзянова<sup>4</sup>

<sup>1</sup>К.х.н., начальник отдела исследований и прогнозов загрязнения природной среды (Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, Ташкент, Узбекистан)

<sup>2</sup>Д.г.н., директор (Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, Ташкент, Узбекистан)

<sup>3</sup>Старший научный сотрудник (Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, Ташкент, Узбекистан)

<sup>4</sup>Ведущий инженер (Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, Ташкент, Узбекистан)

## ВЛИЯНИЕ ВЫНОСА СОЛЕЙ НА ОРОШАЕМЫЕ ЗЕМЛИ С ПОЛИВНОЙ ВОДОЙ НА ЗАПАС СОЛЕЙ В КОРНЕОБИТАЕМОМ СЛОЕ ПОЧВЫ В НИЗОВЬЯХ АМУДАРЬИ

**Аннотация.** Предлагаются способы определения минерализации воды в каналах при отсутствии ее измерений, расчета выноса солей на поливные земли и сравнения его с запасом солей в корнеобитаемом слое почвы, который предварительно рассчитывается.

**Ключевые слова:** запас солей, корнеобитаемый слой, низовья Амударьи, поливы.

Несмотря на осенние и весенние промывки земель, на разветвленную в низовьях Амударьи коллекторно-дренажную сеть, многие исследователи отмечают недостаточность этих мероприятий и зачастую продолжающееся засоление почв [6]. Этому процессу в некоторой мере способствует вынос солей на орошаемые земли с поливными водами. Нами оценен этот вынос при поливах основных культур, выращиваемых в Каракалпакистане. Подобные расчеты для исследованного нами района ранее не проводились. Данные об оросительных нормах для них представлены Министерством сельского и водного хозяйства Республики Узбекистан.

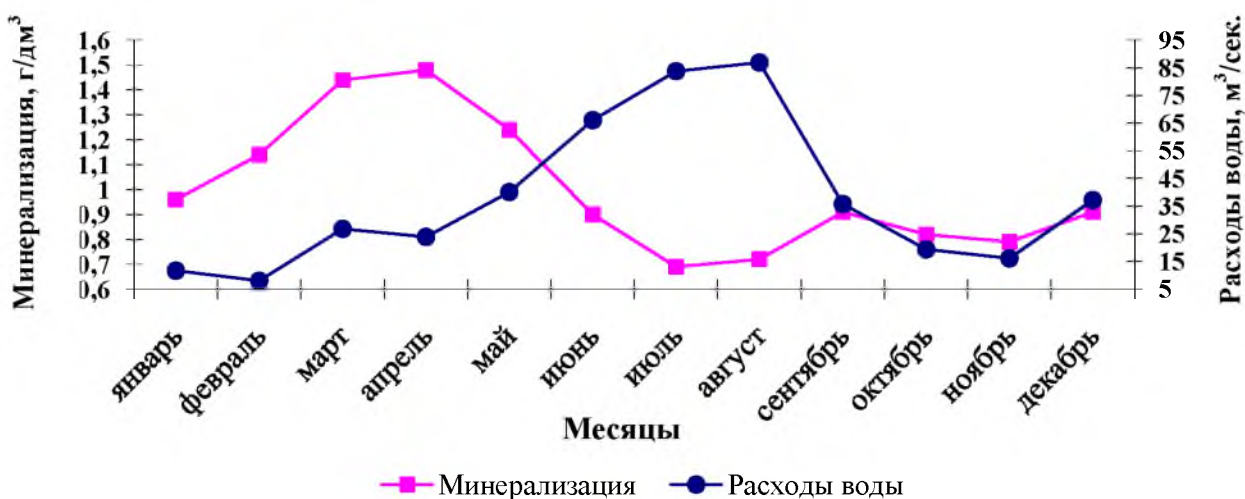
В поливной зоне в низовьях Амударьи почвы преимущественно средне- и слабозасоленные – 64,9%, а сильно засоленные составляют 35,1% [1]. С поливной водой на почвы выносятся некоторое количество солей, которое оказывает влияние на запас солей в корнеобитаемом слое. Чтобы рассчитать этот вынос, нужно знать минерализацию воды в каналах и расходы воды в них.

В среднем за 2005–2014 гг. расходы воды в каналах в соответствии с режимом поливов сельскохозяйственных культур менялись внутри года одинаково: максимум – в июле-августе, минимум – в феврале. После второго минимума в октябре и в ноябре-декабре расходы воды в каналах растут – на полях идут промывные и запасные поливы. В более южных районах Узбекистана они проводятся в феврале-марте, а в Каракалпакистане в эти месяцы еще холодно и поливать рано (см. рисунок).

До недавнего времени минерализация воды в каналах не измерялась и априори предполагалось, что она такая же, как в реке в гидростворе, ближайшем к голове канала. Но сравнение минерализации воды в реке Амударье у Туямуюна и в каналах показало, что минерализация в реке изменялась в меньших пределах, чем в каналах (таблица 1). У гидропоста «Туямуюн» фиксируется количество воды, подаваемое в низовья Амударьи.

Минерализация воды в каналах выше, чем в реке, вероятно, из-за того, что они проходят по засоленным землям и вымывают из них часть солей, так как непосредственно в русла каналов могут выклиниваться грунтовые воды с минерализацией более высокой, чем в воде реки.

Внутригодовой ход минерализации, средней за 2005–2014 годы, в рассмотренных каналах одинаков: максимум отмечается в апреле, минимум – в июле. В октябре начинается небольшой подъем минерализации, связанный, вероятно, с поступлением непосредственно в русла каналов



Внутригодовой ход минерализации и расходов воды в канале Куаньшжарма в низовьях реки Амударьи (среднее за 2005–2014 гг.)

Таблица 1 – Пределы изменения минерализации воды в реке Амударье у г/п «Туямуюн» и в каналах за 2005–2014 гг.

Водоток	Минерализация, г/дм <sup>3</sup>	
	минимум	максимум
Амударья – Туямуюн	0,21	1,37
Амударья – Кипчак	0,58	1,8
Каналы	минимум	максимум
Суенли	0,54	1,81
Кегейли	0,56	1,84
Куаньшжарма	0,57	2,0
Пахта-Арна	0,58	1,71

более минерализованных грунтовых вод, запасы которых пополнились за счет фильтрации воды с орошаемых массивов во время поливов в вегетационный период (см. рисунок).

Согласно классификации химического состава поверхностных вод О. А. Алекина он может быть охарактеризован химическим символом, который определяется по соотношению содержания главных ионов, выраженного в мг-экв/дм<sup>3</sup>. Химический состав воды Амударьи у гидростворов «Туямуюн» и «Нукус» («Саманбай») сульфатного класса натриевой группы – S<sub>Na</sub>. Многие исследователи отмечали, что химический состав амударьинской воды сложен, часто нельзя выделить преобладающий ион [2]. Так как нами использовался химсостав амударьинской воды за вегетационный период, а в это время в реке идет преимущественно снегово-ледниковая талая вода, это, вероятно, и позволило выделить преобладающие ионы – сульфаты и натрий. В период межени возрастает минерализация и меняется состав воды на более сложный сульфатно-хлоридный класс и натриево-кальциевую группу. С продвижением вниз по реке повышается и минерализация воды, и содержание отдельных ионов – наиболее значительно сульфатов, натрия и хлора (таблица 2).

Химический состав воды в каналах также оказался сложным: трудно выделить преобладающие анион и катион. Так, в канале «Кызкеткен» вода сульфатно-хлоридного класса, натриево-магниевой группы, в канале «Суенли» также хлоридного класса, но кальциево-магниевой группы. Ионы хлора преобладают и в воде канала «Пахта-Арна». Следовательно, химический состав воды в каналах хуже, чем в реке (таблица 3), и величина минерализации в каналах выше, чем в реке. Только в канале «Кызкеткен» она такая же, как в Амударье в ближайшем к его голове гидростворе у Нукуса, так как это самый многоводный канал, но он короткий, и уже на 25-м километре делится на каналы «Кегейли» и «Куаньшжарма». На 25-километровом участке выклинивающиеся в его

Таблица 2 – Среднее многолетнее содержание ионов за апрель–сентябрь в воде реки Амударья у Туямуяна и Нукуса

Единицы измерения	Кальций	Магний	Натрий	Сульфаты	Хлор	Минерализация	Символ химического состава
Туямуян							
мг/дм <sup>3</sup>	84,05	33,6	125	299,6	130,4	829,2	
мг-экв/дм <sup>3</sup>	4,19	2,76	5,43	6,23	3,68		S <sub>Na</sub>
Нукус							
мг/дм <sup>3</sup>	94,06	46,3	169,8	381,3	192,9	1039,8	
мг-экв/дм <sup>3</sup>	4,69	3,81	7,38	7,93	5,44		S <sub>Na</sub>

Таблица 3 – Химический состав воды в каналах Каракалпакстана, мг/дм<sup>3</sup>

Канал	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	Сумма ионов
Кызкеткен	162	340	239	95	68	139	1043
Суенли	173	266	354	130	72	134	1129
Шуманай	165	436	245	73	43	263	1225
Пахта-Арна	150	437	340	64	65	288	1644

русло грунтовые воды еще не оказывают заметного влияния на химический состав воды: канал идет параллельно реке, а вблизи от нее грунтовые воды сравнительно мало минерализованы [3].

И ион хлора, и ион натрия оказывают вредное влияние на почвы и, следовательно, на культурные растения, то есть химический состав воды в каналах не благоприятен для ирригации.

По ряду довольно крупных каналов – «Куанышжарма», «Жимбаскалинскому» и другим химический состав и минерализация воды в системе Минсельводхоза не измеряется, а они находятся далеко от реки Амударья, и в их русла выклиниваются грунтовые воды более минерализованные, чем речные. Чтобы определить пригодность воды таких каналов для орошения, нами рассчитано соотношение минерализации и содержания ионов хлора и натрия в тех каналах и в реке в близлежащих водпостах, где эти показатели качества воды измерялись. Затем минерализацию воды и содержание указанных наиболее токсичных ионов в воде Амударья в том гидростворе, от которого отходит канал, умножали на полученные соотношения, и рассчитанные таким образом показатели использовались для оценки качества воды канала для орошения. Для минерализации соотношения изменялись от 1,26 до 1,58; для ионов хлора – от 1,76 до 1,91, для натрия – от 1,1 до 2,1.

По данным Госкомстата Республики Узбекистан в 2016 году в Каракалпакстане было 251 620 га орошаемых посевных земель. Причем основная часть их – 213 495 га использовалась фермерскими хозяйствами. Под хлопчатником было 38%, под зерновыми (пшеница, ячмень) – 44%, под рисом – 12,8%. Каракалпакстан, несмотря на почти ежегодный дефицит воды, является вторым после Хорезмского вилоята поставщиком риса в Узбекистане, хотя оросительные нормы этой культуры самые высокие.

Не все культуры орошаются в течение всего вегетационного периода. Так, зерновые только до июня: в июне их убирают, люцерна – до июля, виноград, капуста, томаты – до августа; абрикосы – до мая. Основными плодовыми культурами являются виноград и шелковица.

В Каракалпакстане уже более 15 лет из-за засоления земель отмечаются низкие урожаи хлопка – в среднем 16 ц/га. Поскольку засоление продолжается, представляет интерес то дополнительное количество солей, которое выносятся на поля с поливными водами.

Для расчета выноса солей нами взята средняя за вегетационный период минерализация воды в том магистральном канале, из которого орошаются близлежащие районы, определенные по карте Республики Каракалпакстан [1]. Количество солей, выносимое на один гектар орошаемой площади, получалось перемножением минерализации на оросительную норму. На разные культуры поступает с оросительной водой от 2,07 (зерновые в зоне влияния канала «Кегейли») до 21,73 кг/га – рис, поливаемый из канала «Жимбаскалинский». Значительное количество солей выносятся на

тяжелые почвы во втором гидромодульном районе – на картофель и овощи от 6,96 до 11 кг/га. Наименьшими получились величины выноса на зерновые культуры – от 2,07 до 3,3 кг/га.

Максимальны поливные и оросительные нормы для риса, поскольку поливается он по-прежнему по затапливаемым чекам, хотя в ряде районов России проводят обычные поливы по бороздам, но с применением особых селекционных сортов риса (Дальний Восток, Краснодарский край). Значительны также оросительные нормы для картофеля и овощей, так как поливать их начинают уже в марте, а прекращают в сентябре – начале октября.

Оросительные нормы брались для двух гидромодульных районов, наиболее распространенных в Каракалпакстане, – 2-й на тяжелых почвах и 5-й на легких почвах.

Поливы в основном бороздковые, наиболее приспособленные к природно-климатическим условиям Каракалпакстана, однако они малопродуктивны – 0,3–0,5 га/сут на одного поливальщика. Часто научно обоснованные поливные нормы завышаются, а число поливов уменьшается, например, для хлопка до 5 вместо положенных 7. Существенно различается также число поливов: минимальное оно для зерновых – 4, так как зерновые в Каракалпакстане из-за очень холодных бесснежных зим в основном яровые, и орошаются они только до мая, реже июня, то есть до уборки урожая. Максимальное – 22 – для овощей и картофеля, поскольку их поливают вплоть до октября.

Научно обоснованное количество поливов риса 11 раз, однако нередко рисовые чеки заливают реже, но держат наполненными дольше, что приводит к смыканию поверхностных и грунтовых вод, а затем к вторичному засолению земель.

Подсчитанный нами вынос солей целесообразно сравнить с запасом солей в пахотном горизонте. За пахотный горизонт агрономы и агротехники принимают верхний слой почвы глубиной 30 см. Именно для этого слоя рассчитан запас солей по следующей формуле:

$$S = V \cdot \gamma \cdot C,$$

где  $C$  – содержание солей, %;  $V$  – объем слоя грунта глубиной 0–30 см и площадью 1 га (10 000 м<sup>2</sup>);  $\gamma$  – объемный вес грунта, т/м<sup>3</sup>.

В поливной зоне Каракалпакстана сформированы следующие орошаемые почвы: лугово-такырные, такырно-луговые и луговые. Пахотный горизонт мощностью 25–30 см по механическому составу тяжело-, средне- и легкосуглинистый; два первых преобладают и в сумме составляют 60,8%, а легкосуглинистые – 31,1%. Оценка земель по степени засоления проводят по различным классификациям. Наиболее часто используют в Узбекистане классификацию, предложенную Т. П. Глухой и Г. А. Королевой, которая основана на определении содержания солей в водной вытяжке (почва : вода = 1 : 5), плотного остатка, суммы легкорастворимых и наиболее вредных солей – ионов натрия и хлора. Согласно этой классификации незасоленными считаются почвы, в которых сумма солей (по плотному остатку) составляет 0,17%, а сильнозасоленными – при сумме, равной 1,22% [4]. Наибольшее количество сильно засоленных земель находится на поливных землях Караузьякского района, орошаемого из канала «Куанышжарма», – 59,4%. Тяжелосуглинистые почвы имеют объемный вес 1,65, а средне- и легкосуглинистые – 1,52 т/м<sup>3</sup> [5]. Итак, при объеме грунта глубиной 30 см – 3000 м<sup>3</sup>, сумма солей – 1,22%. Следовательно, запас солей составляет 60,39 т/га.

Для легких почв вес грунта – 1,52 т/м<sup>3</sup>, сумма солей – 0,17%, запас солей – 7,75 т/га. Полученные нами величины хорошо согласуются с запасами, рассчитанными Э. В. Мавляновым и А. Н. Инамовым [5].

Сравним количество выносимых на орошаемые земли с поливной водой солей с запасом их в почве. Например, на рисовые чеки на тяжелые почвы поступает 22,4 кг/га, что составит 3,71% запаса солей в пахотном горизонте. Это ощутимая величина. На легкие почвы, тоже на рисовые поля, поступает 15 кг/га, что составляет 1,9% запаса солей. Это максимальные величины. На картофель и овощи на тяжелые почвы поступает 11 кг/га, то есть 1,8%, а на легкие – 7,4 кг/га, что составит 0,98% запаса солей в пахотном горизонте почвы.

Как указывалось, из-за засоленности земель и плохого их дренажа в Каракалпакстане в последние десятилетия получают низкие урожаи хлопка, поэтому вынос на поля солей с оросительной водой усугубляет и без того неблагоприятную мелиоративную ситуацию.

Результаты наших исследований переданы в Управление водными ресурсами Министерства сельского и водного хозяйства Республики Узбекистан – в отдел, занимающийся вопросами использования коллекторно-дренажных вод для орошения и промывок земель.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Атлас почвенного покрова Республики Узбекистан. – Ташкент: Госкомитет Республики Узбекистан по земельным ресурсам, геодезии, картографии и государственному кадастру, 2010. – С. 13.
- [2] Аденбаев Б.Е. Гидроэкологическое состояние поверхностных вод низовьев реки Амударья // Сборник научных трудов САНИИРИ. – Ташкент, 2006. – С. 123-126.
- [3] Верещагина Н.Г., Щетинников А.А., Чуб В.Е., Мухаметзянова А.М. Гидрологический режим коллекторов в низовьях Амударьи и его связь с грунтовыми водами // Вопросы географии и экологии. – Алматы, 2015. – С. 8-12.
- [4] Глухова Т.П., Королева Г.А. Уточнение классификации засоленных почв по солеустойчивости хлопчатника // Засоленные почвы Узбекистана и вопросы их освоения и мелиорации. – Ташкент: Министерство сельского хозяйства Узбекистана, Узгипрозем, 1978. – С. 40-49.
- [5] Мавлянов Э.В., Инамов А.Н. Принципы и методика составления крупномасштабной карты засоленности грунтов зоны аэрации с подсчетом запасов солей для целей мелиорации // Влияние орошения и дренажа на режим подземных вод и инженерно-геологические условия Средней Азии. – Ташкент: САИГИМС, 1983. – С. 75-79.

## REFERENCES

- [1] Atlas of soil cover of the Republic of Uzbekistan. Tashkent: state Committee of the Republic of Uzbekistan on land resources, geodesy, cartography and state cadastre, 2010. P. 13 (in Rus.).
- [2] Adenbaev B.E. Hydro-ecological status of surface waters of the lower reaches of the Amudarya river // Collection of scientific works of SANIIRI. Tashkent, 2006. P. 123-126 (in Rus.).
- [3] Vereshagina N.G., Shetinnikov A.A., Chub V.E., Mukhametzyanova A.M. Hydrological regime of reservoirs in the lower reaches of the Amu Darya and its relationship with groundwater // Questions of geography and ecology. Almaty, 2015. P. 8-12 (in Rus.).
- [4] Glukhova T. P., Koroleva, G. A. Clarification of classification of saline soils on salt tolerance of cotton // In the collection "Saline soils of Uzbekistan and issues of their development and land reclamation". Tashkent: Ministry of agriculture of Uzbekistan, Uzgiprozem, 1978. P. 40-49 (in Rus.).
- [5] Mavlyanov E.V., Inamov A.N. Principles and methods of compiling large-scale maps of salinity of soil aeration zone with calculation of reserves of salts for the purposes of reclamation // The impact of irrigation and drainage on the regime of underground waters and engineering-geological conditions of Central Asia. Tashkent: SAIGINS, 1983. P. 75-79.

**Н. Г. Верещагина<sup>1</sup>, В. Е. Чуб<sup>2</sup>, А. А. Щетинников<sup>3</sup>, А. М. Мухаметзянова<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Х.ф.к. (Гидрометеорологиялық ғылыми-зерттеу институты, Ташкент, Өзбекстан)

<sup>2</sup>Г.ф.д. (Гидрометеорологиялық ғылыми-зерттеу институты, Ташкент, Өзбекстан)

<sup>3</sup>Аға ғылыми қызметкері (Гидрометеорологиялық ғылыми-зерттеу институты, Ташкент, Өзбекстан)

<sup>4</sup>Жетекші инженер (Гидрометеорологиялық ғылыми-зерттеу институты, Ташкент, Өзбекстан)

### ӘМУДАРИЯ САҒАСЫНДА ТОПЫРАҚТЫҢ ТАМЫР ЖАЙЫЛАТЫН ҚАБАТЫНДАҒЫ ТҰЗДАР ҚОРЫНА СУАРУШЫ СУМЕН СУАРМАЛЫ ЖЕРЛЕРДЕГІ ТҰЗДАРДЫҢ ШЫҒУ ӘСЕРІ

**Аннотация.** Су өлшемінің жоктығында, суару жерлеріне тұздардың шығу есебінде және оны алдын ала есептелетін тамыр жайылатын қабаттағы тұздар қорымен салыстырғанда каналдарда су минералдануының анықтау тәсілдері көрсетіледі

**Түйін сөздер:** тұздар қоры, тамыр жайылатын қабат, Әмударияның сағасы, суару.

**N. G. Vereschagina<sup>1</sup>, V. E. Chub<sup>2</sup>, A. A. Schetinnikov<sup>2</sup>, A. M. Mukhametzyanova<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Ph.D. (Scientific Research Hydrometeorological Institute, Tashkent, Uzbekistan)

<sup>2</sup>Doctor of Geographical science (Scientific Research Hydrometeorological Institute Tashkent, Uzbekistan)

<sup>3</sup>Senior researcher (Scientific Research Hydrometeorological Institute, Tashkent, Uzbekistan)

<sup>4</sup>Lead Engineer (Scientific Research Hydrometeorological Institute, Tashkent, Uzbekistan)

### THE EFFECT OF SALT REMOVAL ON IRRIGATED LANDS WITH IRRIGATION WATER ON THE STOCK OF SALTS IN ROOT ZONE SOIL IN THE LOWER REACHES OF THE AMU DARYA

**Abstract.** There are ways to find the salinity of water in the channels in the absence of measurements, calculate the transport of salts on irrigated land and compare it with the stock of salts in the root layer of soil, which is pre-calculated.

**Keywords:** stock salt, root layer, the lower reaches of the Amu Darya, glaze.