

## СТАТЬЯ

УДК 631.481./452

**ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПОЧВ СРЕДНЕЙ ЧАСТИ ЗАРАФШАНСКОЙ РЕКИ И УПРАВЛЕНИЕ ИМИ (НА ПРИМЕРЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ КАТТАКУРГАНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА)****<sup>1</sup>Абдуллаев С., <sup>1</sup>Жаббаров З.А., <sup>2</sup>Турсункулова А.Б.**<sup>1</sup>*Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, Ташкент, e-mail: zafarjonjabbarov@gmail.com;*<sup>2</sup>*Ташкентский государственный аграрный университет, Ташкент, e-mail: adiba.tursukulova@mail.ru*

В связи с развитием ирригации и расширением посевных площадей в Республике Узбекистан, эффективное использование орошаемых вод и постоянный мониторинг за поступающими элементами и элементами выноса является важной задачей. Вместе с этим обсуждены нормы поливных вод, использованных для орошения в Жамбайском, Иштиханском, Каттакурганском и Нарпайском районах Самаркандской области, приведены нормы привносимых с водами элементов – ионов Cl и сухого остатка, по степени минерализации, их аккумуляции в почвенных горизонтах, по данным баланса их потребления, процессы изменения по годам, кроме того раскрыта динамика изменения уровня минерализации грунтовых вод на орошаемых территориях. Также в данной статье были обсуждены процессы аккумуляции и миграции токсичных солей в составе минеральной части вод Зарафшана, используемых в орошении, в коллекторно-дренажной сети и в почвенном профиле. Изменение физико-механических свойств и мелиоративного состояния почв изучено на примере территорий, подверженных влиянию Каттакурганского водохранилища, при этом исследованы степень слитизации, плотность орошаемых земель, динамика уровня грунтовых вод по годам, мелиоративное состояние и расположение солей по слоям. По результатам исследований установлено, что площади почв с неудовлетворительным мелиоративным состоянием увеличились с 4,22% до 5,58%. Обосновано, что уровень минерализации грунтовых вод находится между показателями от 0–1 до 1–3 г/л.

**Ключевые слова:** почва, водный раствор, подземные воды, анион, катион, минерализация, борозды, грунтовые воды

**HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS OF SOILS IN THE MIDDLE PART OF THE ZARAFSHAN RIVER AND THEIR MANAGEMENT (ON THE EXAMPLE OF THE IMPACT OF THE KATTAKURGAN RESERVOIR)****<sup>1</sup>Abdullaev S., <sup>1</sup>Zhabbarov Z.A., <sup>2</sup>Tursunkulova A.B.**<sup>1</sup>*National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, Tashkent, e-mail: zafarjonjabbarov@gmail.com;*<sup>2</sup>*Tashkent State Agrarian University, Tashkent, e-mail: adiba.tursukulova@mail.ru*

The connection with the development of irrigation and the expansion of sown areas in the Republic of Uzbekistan, the effective use of irrigated water, and constant monitoring of incoming and removal elements is an important task. Along with this, the norms of irrigation water used for irrigation in the Zhambaysky, Ishtikhan, Kattakurgan and Narpaisky districts of the Samarkand region were discussed, the norms introduced with the irrigated waters of elements – Cl ions and dry residue, by degree of mineralization, their accumulation in soil horizons, by According to the balance of their consumption, the processes of change over the years, in addition, the dynamics of changes in the level of salinity of groundwater in irrigated areas is disclosed. Also in this article, the processes of accumulation and migration of toxic salts in the mineral part of Zarafshan waters used in irrigation, in the collector-drainage network and in the soil profile were discussed. Change of physical and mechanical properties and reclamation state soils were studied using the example of territories affected by the Kattakurgan reservoir, while the degree of leaching, density of irrigated lands, dynamics of the groundwater level by years, reclamation state, and salt distribution by layers were studied. According to the results of studies, it was found that the area of soils with an unsatisfactory reclamation state increased from 4.22% to 5.58%. It is proved that the level of groundwater salinity is between indicators from 0-1 to 1-3 g / l.

**Keywords:** soil, water solution, groundwater, anion, cation, mineralization, furrows, groundwater

Самаркандская область расположена в центральной части республики в верхней части Зеравшанской долины. Основными направлениями деятельности являются хлопководство, зерноводство и садоводство. Более 370 000 га земель в регионе орошаются, и его климат значительно различается в геологических, геоморфологических и гидрологических условиях. В разных странах мира было собрано много сведений о свой-

ствах почв, которые были изменены и в положительную, и в отрицательную стороны под воздействием водохранилищ, рек и канал. Такие предки, как аль-Хорезми, Ахмед Фаргони, Беруни, Носир Хисрав, Махмуд Кошгори, Замахшари, Мухаммад Нажиб Бакрон, внесли большой вклад не только в развитие таких наук, как математика, геология, география, астрономия и язык, но также развили науки о почве и воде в IX–XIII вв.

В 1950-х гг. орошаемое земледелие развивалось беспрецедентными темпами и тысячи гектаров земли были усвоены. В то же время были построены крупные промышленные центры, а площадь орошаемого земледелия была расширена. В результате спрос на воду увеличился. Однако несоблюдение правил и норм полива, недостаточное внимание к коллекторным сетям во многих обрабатываемых районах привело к повышению уровня грунтовых вод, засолению почвы, заболачиванию и эрозии. Орошаемая плодородная почва стала уступать засоленным почвам из-за неполных методов разработки и реализации мер против них. Неадекватное рассмотрение естественных законов и несоблюдение научно обоснованных рекомендаций привело к вышеуказанным негативным процессам в результате орошения, выщелачивания, удобрения, агротехники и так далее и даже сегодня в некоторых областях этот негативный процесс продолжается.

Целью исследования является изучение гидрогеологического состояния почв средней части реки Зарафшан и ее управление.

Самаркандская область также играет важную роль в развитии сельского хозяйства в Республике Узбекистан. В 1907–1912 гг. была разработана отдельная программа по рекультивации засоленных почв в различных районах Мирзачульской и Зеравшанской долин, и по этой программе необходимо было изучить работы по строительству борозд на разных глубинах и расстояниях, распространению засоленных почв и борьбе с ними, и на основе этих решений было проведено и проводится много научных исследований.

#### **Материалы и методы исследования**

Полевые и лабораторные опыты проведены методическими руководствами на основе «Методы агрохимических, агрофизических и микробиологических исследований на хлопковых почвах», «Руководство по химическому анализу почв», «Методические указания по химическим и агрофизическим методам почвенно-го анализа».

Р.К. Кузиев на основании исследований, проведенных в Самаркандской области, пришел к выводу, что профили светлых и типичных серозёмов, развитых как серозёмно-оазисные почвы, очень близки по составу и содержанию солей, а разница между ними минимальна [1]. Ученые занимаются гидрогеологическими условиями и рельефом средней части

реки Зарафшан с 1920-х гг. Например, в 1924 г. первая экспедиция была организована под руководством А.М. Кульчицкого в составе: А. Кадыров, Н.В. Гусева, Ю.А. Отакулова [2, 3]; было проведено научное исследование, и они пришли к выводу, что низменный район Зарафшана состоит из аллювиальных равнин с небольшим накоплением водорастворимых солей или его отсутствием из-за хороших гидрологических и геоморфологических условий подземных вод. Однако по мере удаления от реки поток подземных вод замедлялся, а образование углеводородных отложений в почве и грунтовых водах приводило к карбонатно-магниевому засолению. Информативным индикатором состояния донных отложений является количество фосфора в них, где он связан с органическими веществами и накапливается сопряженно с оксидами металлов. Его количество в водохранилище «Gargalheiras» в Бразилии составляло от 5 мг / кг-1 до 349 мг / кг-1, а в водохранилище «Cruzeta» – от 12 мг / кг-1 до 371 мг / кг-1 [4]. Определение качественного состава отложений в водных источниках имеет большое значение в управлении водными ресурсами [5].

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

В этой ситуации Самаркандская низменность долгое время была оазисом орошаемого земледелия и в то же время речные и прилегающие источники также использовались в сельском хозяйстве, что привело к снижению засоленности. Тем не менее грунтовые воды начинают приближаться к поверхности.

Интерпретация этого процесса может быть замечена в некоторых областях региона по количеству поливной воды и количеству солей, принесенных с ними (табл. 1). Например, Каттакурганский район получает воду в среднем 365–370 млн/м<sup>3</sup> год на орошение с общим содержанием соли 0,39%, из которых ион хлора составляет 0,02–0,03% и ежегодно в почву поступает от 10 до 11 тыс. т соли, а сброс составляет 5–8 тыс. т. Это означает, что в слоях почвы ежегодно остается около 2–5 т соли, основной причиной этого процесса является низкий уровень течения подземных вод, который составляет 107–109 млн/м<sup>3</sup>, а количество поливной воды в 3–4 раза больше. Значит, включая процессы физического испарения почвы, при увеличении с накоплением влаги в слоях почвы, также количество солей увеличивается и процесс засоленности почвы увеличивается.

**Таблица 1**  
Водно-солевой баланс Самаркандского оазиса

| № | Районы          | Годы | Часть прироста                            |                             |                 | Прирост соли м.т. | Расходная часть                         |                 | Утечка солей м. т. |                 | Изменение количества соли |       |
|---|-----------------|------|---|-----------------------------|-----------------|-------------------|---|-----------------|--------------------|-----------------|---------------------------|-------|
|   |                 |      | Получено для орошения, млн м <sup>3</sup> | Минерализация орошаемых вод | Плотный остаток |                   | Минеральный уровень поливной воды       | Плотный остаток | Плотный остаток    | Плотный остаток | Плотный остаток           |       |
| 1 | Джамбайский     | 2017 | 198,15                                    | 0,40                        | 0,02            | 3,96              | Поток грунтовых вод, млн м <sup>3</sup> | 0,50            | 86,78              | 5,20            | -7,52                     | -1,24 |
|   |                 | 2018 | 222,88                                    | 0,39                        | 0,02            | 4,45              | Плотный остаток                         | 0,52            | 106,61             | 6,15            | -19,69                    | -1,70 |
| 2 | Иштиганский     | 2017 | 227,01                                    | 0,39                        | 0,03            | 6,81              | Плотный остаток                         | 0,57            | 58,72              | 4,12            | 29,81                     | 2,69  |
|   |                 | 2018 | 284,58                                    | 0,39                        | 0,02            | 5,69              | Плотный остаток                         | 0,52            | 60,11              | 3,46            | 50,87                     | 2,23  |
| 3 | Каттакуртанский | 2017 | 365,26                                    | 0,38                        | 0,03            | 10,95             | Плотный остаток                         | 0,62            | 66,62              | 5,37            | 72,18                     | 5,58  |
|   |                 | 2018 | 370,03                                    | 0,39                        | 0,03            | 11,10             | Плотный остаток                         | 0,66            | 72,23              | 8,75            | 72,08                     | 2,35  |
| 4 | Нарлайский      | 2017 | 305,73                                    | 0,45                        | 0,03            | 9,17              | Плотный остаток                         | 1,24            | 95,65              | 10,03           | 41,93                     | -0,86 |
|   |                 | 2018 | 318,19                                    | 0,44                        | 0,03            | 9,54              | Плотный остаток                         | 1,21            | 111,37             | 11,96           | 28,63                     | -2,44 |

Помимо образования подземных вод, а также склонов и оврагов, вытекающих из горных хребтов Зеравшан и Туркестан, ирригационные системы в каналах и их проникновение в почву являются дополнительными факторами. Почти во всех орошаемых районах в Самаркандской области подземные воды приближаются к поверхности с сильным накоплением подземных вод, особенно в орошаемых районах Каттакурганского района. В восточной части Каттакурганского водохранилища, где проводились научные исследования, водохранилище играет важную роль в формировании подземных вод, которое является третьим по величине и объему в республике и по воздействию на окружающую среду в 3–4 раза сильнее, чем другие водохранилища. Это водохранилище было построено и введено в эксплуатацию в 1941–1952 гг. с целью повышения эффективности сельского хозяйства, водоснабжения и улучшения орошаемых земель в оазисе Зарафшан. В то время она была заполнена водой Кара-Дарья и дополнительная вода подавалась из специальных ирригационных устройств с левого берега реки Зарафшан. Благодаря строительству этого источника было улучшено водоснабжение на 390 000 га и 65 000 га земли были усвоены.

Текущая мощность Каттакурганского водохранилища составляет 818,23 млн/м<sup>3</sup>, из которых 2,90 м<sup>3</sup>/с используется для орошения, однако в настоящее время используется 4,20 м<sup>3</sup>/с воды из этой емкости. Увеличение потребления воды оказывает негативное влияние на водно-солевой режим окружающей почвы.

Кроме того, почвообразующие породы вокруг водохранилища подвержены засолению из-за лёссовых и лёссовидных отложений. Из-за широкого использования сельскохозяйственных угодий в этом районе, несоблюдения правил и норм орошения уровень грунтовых вод увеличился из-за водохранилища, серозёмная почва превратилась в серозёмно-луговые, луговые и лугово-болотные почвы и образовались в различной степени засоленные почвы, даже происходят оползни возле водохранилища. В настоящее время увеличение емкости и уровня водохранилищ в течение многих лет затрагивало тысячи гектаров земли, оказывая влияние на воду и изменяя окружающую среду и почвенный покров. В частности, в результате негативного влияния Каттакурганского водохранилища на агрохимические, агрофизические и на мелиоративное состояние окружающей почвы, также на водный и солевой режим,

в почвенном покрове увеличивается избыточная влажность и снижается уровень ее плодородия. В связи с этим одним из наиболее актуальных вопросов современности является глубокое изучение изменений в почве местности под воздействием водохранилища, анализ его особенностей и предотвращение негативных изменений почвенного покрова.

В Самаркандской области земельный фонд для сельскохозяйственных угодий составляет 1505 300 га или 7,38% от общего земельного фонда. Из них 309,5 тыс. га используются в интенсивном сельском хозяйстве, площадь орошаемых и богарных земель составляет 182,9 тыс. га.

С некоторыми положительными изменениями в слоях почвы в результате правильной ирригации и при внесении удобрений, проводимых для развития сельского хозяйства на этих почвах, также происходят и негативные процессы, такие как снижение плодородия почв за счет образования подземных вод, их близости к поверхности почвы, засоления, эрозии и уплотнения почв. Это связано с тем, что под влиянием только одного водохранилища повышается уровень грунтовых вод до Карасу. Например, подземные воды колеблются в пределах 1–1,5 м вокруг водохранилища, что само по себе указывает на то, что поток подземных вод практически отсутствует (табл. 2).

Из таблицы видно, что в 2017 г. только в Каттакурганском районе уровень грунтовых вод 0–1 метра составлял 0,438 га, а в 2018 г. этот показатель составлял 0,470 га. Однако глубина грунтовых вод на глубине 1–1,5 м упала с 1374 до 0,380 га. Это означает, что в среднем 1000 га в год подвергаются воздействию подземных вод до 0,5 м (табл. 2).

Такие показатели очень низкие в Джамбайском, Иштиханском и Нарпайском районах. Причиной такого повышения уровня воды в Каттакурганском районе является то, что его можно рассматривать только как водохранилище. В диапазоне от 50 м до 2 км к западу от водохранилища уровень подземных вод не превышает вышеуказанного. Это, в свою очередь, влияет на их уровень минерализации.

Если мы проанализируем химизм грунтовых вод этой области, уровень минерализации коллекторно-дренажных и водохранилищных вод расположенный в этой зоне, состав и баланс грунтовых вод, образующихся в слоях почвы, выглядит следующим образом: соли карбоната магния осаждаются в относительно верхних слоях, так как они хорошо растворимы в воде.

Таблица 2

Динамика изменения уровня грунтовых вод орошаемых земель Зарафшанской средней полосы

| № | Районы      | Года    | В том числе глубина (га) |         |         | Средняя |         |
|---|-------------|---------|--------------------------|---------|---------|---------|---------|
|   |             |         | 0–1 м                    | 1–1,5 м | 1,5–2 м | 0–1 м   | 1–1,5 м |
| 1 | Джамбай     | 2017 г. | 0,370                    | 0,680   | 2,790   | 0,367   | 0,668   |
| 2 | Иштихан     |         | 0,34                     | 0,630   | 2,950   | 0,357   | 0,600   |
| 3 | Каттакурган |         | 0,438                    | 1,347   | 3,960   | 0,431   | 1,311   |
| 4 | Нарпай      |         | 0,168                    | 0,627   | 2,257   | 0,155   | 0,604   |
| 5 | Джамбай     | 2018 г. | 0,320                    | 0,740   | 2,650   | 0,272   | 0,628   |
| 6 | Иштихан     |         | 0,160                    | 0,380   | 2,890   | 0,126   | 0,423   |
| 7 | Каттакурган |         | 0,470                    | 1,470   | 3,590   | 0,458   | 1,408   |
| 8 | Нарпай      |         | 0,137                    | 0,404   | 2,389   | 0,127   | 0,409   |

Наши исследования также показывают, что, за исключением района Каттакурганского водохранилища, минерализация подземных вод не очень высока в большинстве районов и представляет собой в основном засоление гидрокарбонатного типа. Содержание грунтовых вод в серозёмных почвах, распространяющихся вокруг третьей террасы реки Зарафшан, составляет 0,678–0,836 г/л и не засолено. В западной части региона, в основном в районах со светлыми серозёмными почвами, подземные воды слабо минерализованы, 1,22–3,95 г/л (по сухому остатку), образуя сульфатное засоление.

Подземные воды в наших районах исследований варьировались от 0,4 м до 3–3,5 м. Такая непосредственная близость подземных вод в основном обусловлена поглощением воды из Каттакурганского водохранилища, как упоминалось выше, и их добавлением к потоку подземных вод, а режим подземных вод нарушается под воздействием водохранилища.

Уровень минерализации р. Зарафшан колеблется в пределах 0,87–1,25 г/л в течение года, в среднем 1,2 г/л, но это количество воды поступает в почву, а утечка солей через дренажи составляет около 3,8 г/л. Этот показатель даже достигает 4,7 г/л в подземных водах. Эта ситуация одинакова как для ионов хлора, так и для сульфат-ионов по всему оазису, т.е. почти в три раза уровень минерализации воды, поступающей в оазис, высвобождается через коллектор-дренаж. Таким образом, известно, что роль почвообразующих пород, внутренних выветриваний и особенно орошаемой воды в накоплении солей в почве очень велика. Поэтому при оценке мелиоративного состояния почв, даже не засоленных почв, деятельность коллекторно-дренажных сетей напрямую связана с управлением этими процессами.

Попадание солей через поливную воду является одной из причин засоления почвы. Засоление происходит не только через минерализованную воду (1–3 г/л), но и из обычной (0,5–1 г/л) поливной воды. Иригационная вода, естественно, также приносит большое количество растворенных солей в ее направлении. Химический состав солёной воды в основном хлоридно-сульфатный, в некоторых местах сульфатный. Вода из коллекторно-дренажных сетей слабо засолена. Ежегодное накопление соли в водоеме в среднем составляет 109 т/га. 33–35% водорастворимых солей выбрасывается с территории через коллекторно-дренажные сети. Их количество в среднем составляет 35–37 т/га. Этот годовой объем составляет 71–73 т/га и в основном выводится промывкой почв. В целом в объектах исследований, в оазисных геосистемах наблюдается накопление солей в почвах. Для проверки гидрохимического состава воды, поступающей в водохранилище с разных направлений, и воды, собранной в водохранилище, были взяты отборы проб воды от Зарафшана до водохранилища (станция 1) на высоте 300 м над платиной, от западной части (станция 4) до юго-восточного потока (станция 5), и во время исследования воды было установлено, что количество водорастворимых солей и питательных веществ варьировалось в разной степени.

Воды Каттакурганского водохранилища в основном представляют собой гидрокарбонат кальция с уровнем минерализации 340–350 мг/л.

В результате воздействия этого водохранилища на окружающие почвы, их подавления со всех сторон, в результате поглощения воды в русле реки и под землей и сильного испарения на поверхности почвы накапливаются относительно сильные минерализованные воды, достигающие

360 мг/л, особенно в июле, только весной и скорость их минерализации несколько уменьшается под влиянием атмосферных осадков. Следует также отметить, что из-за относительно сильной минерализации подпочвенной влаги, впитываемой в почвы вокруг водохранилища, засоление почв является высоким и происходит быстро.

Например, в марте-апреле уровень минерализации в большинстве частей водохранилища практически одинаков, то есть у поверхности и дна водохранилища этот показатель частично повышен с июля по ноябрь. Это означает, что состав водохранилища увеличивает минерализацию, особенно в периоды сильного испарения влаги в водохранилище, сильных ветров, в результате которых они влияют на почвенный покров вокруг водохранилища. Этот процесс также можно наблюдать по изменению количества катионов и анионов в водохранилище в течение года.

### Заключение

В заключение следует отметить, что основной причиной изменения гидрогеологи-

ческих условий оазиса Зарафшан является: деятельность р. Зарафшан и ее химический и минералогический состав, также из-за воздействия поливной воды на существующие водохранилища в регионе, движение подземных вод значительно ближе к поверхности, вызывая накопление вредных для растений солей в слоях почвы.

### Список литературы

1. Кульчицкий Д.М. О карбонатном соленакоплении в почвах Узбекистана: автореф. дис. ... канд. биол. наук. 1954. 19 с.
2. Гусева Н.В., Отакулова Ю.А. Геохимия подземных вод при Ташкентском артезианском бассейне (Республика Узбекистан) // Известия Томского политехнического университета. Томск, 2014. Т. 325. № 1. С. 127–136.
3. Кузиев Р.К., Сектименко В.Е., Исмонов А. Атлас почвенного покрова Республики Узбекистан. Ташкент, 2010. 48 с.
4. Abhijit M. Zende, Rahul A. Patil, Gopal M. Bhosale Sediment Yield Estimation and Soil Conservation Measures for Agrani River Basin Using Geospatial Techniques. Materials Today: Proceedings. 2018. № 5. P. 550–556.
5. Cavalcante H., Araújo F., Noyma N.P., Becker V. Phosphorus fractionation in sediments of tropical semiarid reservoirs. Science of the Total Environment. 2018. № 619–620. P. 1022–1029. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.11.204.