

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ СООТВЕТСТВИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ РЕКИ СЫРДАРЬЯ ИНДЕКСАМ ПРИМЕНИМОСТИ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ

Бозорова Н. Н.

Худжандский научный центр Национальной Академии наук Таджикистана

Одинаев К. Н.

Таджикский национальный университет

Трансграничная река Сырдарья является самой длинной и второй по водности (после Амударьи) рекой длиной 3019 км и площадью бассейна около 220 тыс. км² [1]. Сырдарья образуется при слиянии рек Нарын и Кара Дарья на территории Кыргызстана. Средний годовой сток реки составляет 36.6 км³ из, которого более 75% формируется в Кыргызстане [7].

Формирование стока реки на верховьях происходит за счет талых вод ледников и снежных покровов, а в низовье преобладают грунтовые воды, которые обеспечивают Сырдарью около 1.6 км³ водой в год [4, с. 110]. Наибольший сток Сырдарьи приходится в июнь месяц, а весеннее - летнее половодье начинается в апреле. Многолетнее значение расхода воды Сырдарьи в верхнем течении 263- 646 м³/с и на самом низком участке реки 28-637 м³/с.

Ежегодно в среднем около 27 км³ на тысячу га воды забирается из реки Сырдарья для орошения. Годовое количество осадков в виде осадков в виде дождя колеблется от 80 до 200 мм в низовьях до 300-400 мм в верховьях [23,с.79].

Концепция водной безопасности наряду с охватом проблемы дефицита воды обостряет внимание на безопасность воды с точки зрения химического состава, уровня загрязненности рек и распространения загрязнителей по руслам рек [15,с.71].

Реки являются основным компонентом глобального водного цикла и играют важную роль в геохимическом круговороте элементов [8,с.115].

Гидрохимический состав водного объекта зависит от геологической формации, через которую он протекает, или его петрографического состава, растительности водосбора и атмосферного поступления, типа и количество осадков, рельефа бассейна [13,с.20;14,с.4127] и отражают состояние климат и окружающей среды района протекания реки.

Являясь важным фактором, определяющим использование воды в бытовых, ирригационных или промышленных целях, гидрохимические характеристики имеют большое значение для устойчивого управления использованием водных ресурсов, а также для защиты и создания экологической среды [24,с.574].

Химические ионы в воде рассматриваются как естественные “индикаторы” и анализ основного ионного состава воды может быть использован для выявления и контроля основных процессов, влияющих на химический состав воды. Это выветривание горных пород в речных бассейнах, испарение и концентрация водных объектов, а также поступление атмосферных соединений через осадки [6,447; 9,с.13;19,с.161]. Между тем, антропогенная деятельность, такая как орошение, оказывает большое влияние на соленость воды, большое количество солей и агрохимические нагрузки будут влиять на качество воды при обратном орошении [10,с.95].

Развитие ирригации привело к изменению содержания ионов в воде реки Сырдарья с карбонатно - кальциевого на натриево - магниевое и сульфатно-хлоридного [12,с.10]. В общей сложности 20 миллионов тонн соли в год поступает в реку Сырдарья по осушенному обратному стоку, что увеличивает содержание соли в реке с 300 до 600 мг.

В солевом составе MgSO₄, Ca(HCO₃)₂, NaCl и CaSO₄ обычно содержатся в количестве от 3000 мг/л выше по течению до 3000 мг/л ниже по течению от Ферганской долины [21]. Согласно результатам многолетних исследований, проведенных в последние десятилетия в отношении воды низовьев Сырдарьи, степень минерализации поверхностных вод достигает 900-1100 мг/л, а концентрация сульфатных соединений повышается до 40-45% [5,с.141;11,с.57].

Являясь важным фактором, определяющим использование воды в бытовых, ирригационных или промышленных целях, гидрохимические характеристики имеют большое значение для устойчивого управления использованием водных ресурсов, а также для защиты и создания экологической среды.

Пригодность воды для орошения по рекомендации ФАО определяется значениями ряд параметров, такие как коэффициент адсорбции натрия (SAR), процентное содержание натрия (Na%), процент растворимого натрия (SSP), коэффициент обмена натрия (ESP), коэффициент адсорбции калия (PAR) коэффициент структурной стабильности почвы (CROSS). Перечисленные индикаторы оценивают влияние растворенных солей на физико-химические свойства почв, такие как морфология, проницаемость и аэрация, которые определяются следующими выражениями [20]:

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} \quad (1)$$

$$\%Na = \frac{Na^+}{(Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+ + K^+)} \cdot 100 \quad (2)$$

$$SSP = \left(\frac{Na^+}{Na^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+}} \right) \cdot 100 \quad (4)$$

$$PAR = \frac{K^+}{\sqrt{Ca^{2+} + Mg^{2+}}} \quad (5)$$

При проведении химических анализов и интерпретации результатов руководствовались нормативными документами [2,с.132]. Содержание натрия и K^+ определяли пламенно-фотометрическим, Ca^{2+} , Mg^{2+} объемно титрованием этилендиаминтетрауксусной кислотой, Cl^- определяли титрованием нитратом серебра. Сульфатные анионы (SO_4^{2-}) осаждались хлоридом бария в виде сульфата бария и определялись гравиметрически.

Содержание процента растворимого натрия (SSP) в воде является важным фактором для изучения опасности натрия. Вода с содержанием SSP более 50% может привести к накоплению натрия, что приведет к нарушению физических свойств почвы и тем самым к задержке роста растений и снижению проницаемости почвы.

Динамика изменения SSP и %Na вдоль русла реки Сырдарья на таджикской части бассейна реки носит убывающий характер до Кайраккумского водохранилища и далее за счет аккумулярованных катионов натрия в водохранилище монотонно увеличивается до низовья реки на территории Таджикистана (гидропост Кизылкишлак) (рис.1).

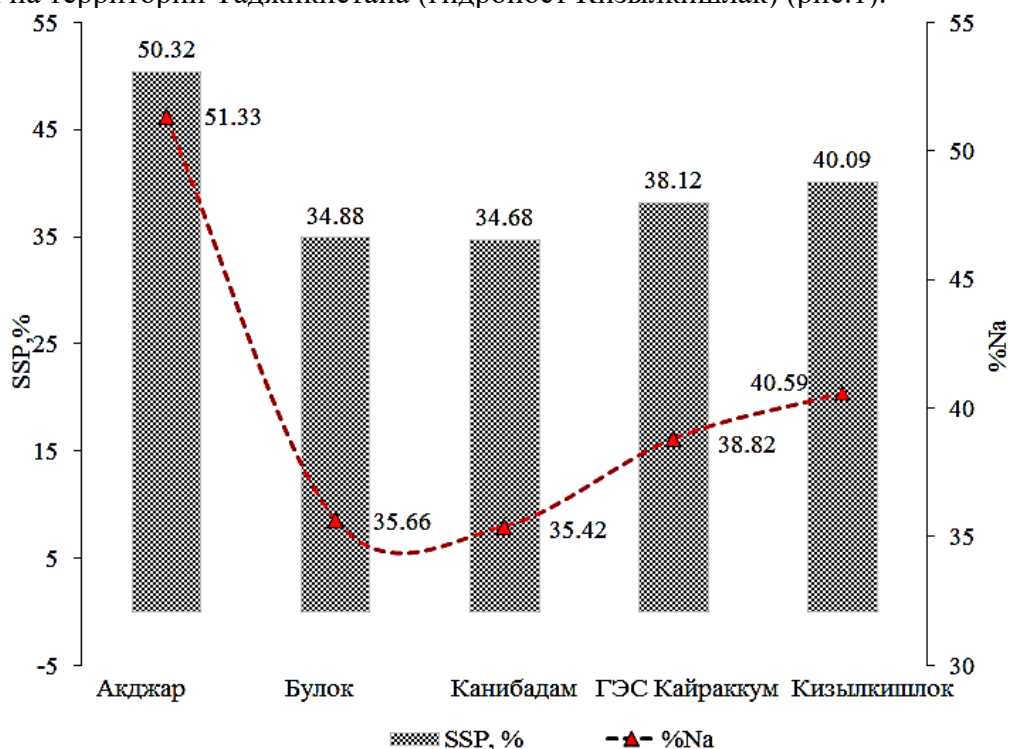


Рис.1.Изменение SSP и %Na вдоль русла реки Сырдарья на территории Таджикистана

SAR - это показатель поглощения натрия почвой. Он позволяет прогнозировать степень, с которой поливная вода вступает в реакцию катионообмена в почве. Высокие значения SAR означают, что натрий может вытеснить адсорбированные ионы кальция и магния, что приведет к повреждению структуры почвы и корней растений. Поливная вода с высоким содержанием SAR со временем может привести к накоплению в почве большого количества Na^+ , что может отрицательно сказаться на проницаемости почвы. Согласно [22] вода, со значением SAR менее или равное 10 имеет отличное качество, от 10 до 18 - хорошее качество, от 18 до 26 - сомнительное качество и более 26 - непригодное качество для орошения.

На рис. 2 представлено динамика изменения содержания SAR и CROSS с верховья по низовье реки Сырдарья на территории Таджикистана.

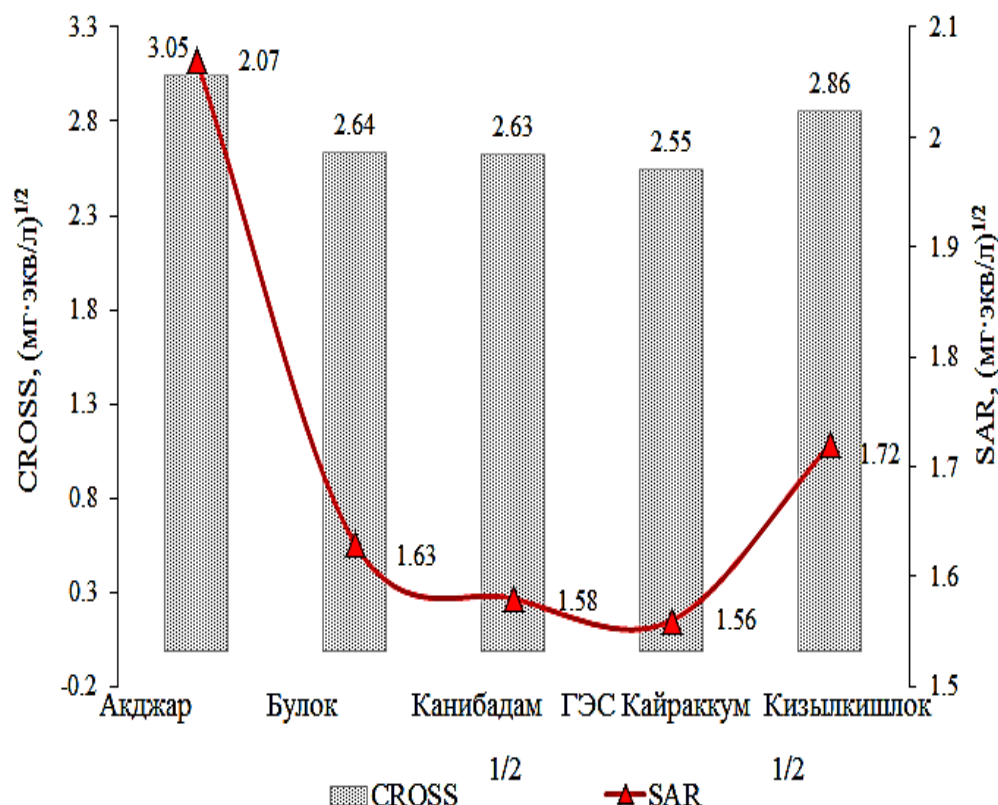


Рис.2. Динамика CROSS и SAR вдоль русла реки Сырдарья на территории Таджикистана

Ранее было предложено обобщенное уравнение для SAR, которое количественно оценивает как различные эффекты Na^+ и K^+ , снижающие проницаемость почвы, так и различные эффекты Mg^{2+} и Ca^{2+} как флоккулирующих катионов, повышающих проницаемость почвы [18,р.283]. Коэффициент структурной стабильности почвы (CROSS) используется в качестве химического показателя, позволяющего отличить катионы, способствующие агрегации почвенных частиц, от катионов, способствующих диспергированию почвенных частиц.

Оптимизация CROSS путем обобщения уравнения:

$$\text{CROSS} = \frac{\text{Na}^+ + a\text{K}^+}{[(\text{Ca}^{2+} + b\text{Mg}^{2+}) \frac{1}{2}]^{1/2}} \quad (7)$$

предложено в [16,р.72], где a и b - числовые коэффициенты, определенные подходящим методом, и являются обобщениями SAR и PAR соответственно. Порядок негативного воздействия катионов на проницаемость почвы в соответствии с [17,с.169] следующий: $\text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$. Отсюда следует, что в уравнении (3) $a < 1$ и $b < 1$. Коэффициент $a < 1$ интерпретируется как показатель меньшего негативного воздействия PAR на проницаемость

почвы по сравнению с SAR. Коэффициент $b < 1$ отражает меньшую флокулирующую способность Mg^{2+} по сравнению с Ca^{2+} .

В настоящее время CROSS является единственным проверенным параметром качества оросительной воды, который учитывает влияние всех четырех основных катионов на физические свойства почвы и основан на предположении, что влияние калия и магния на проницаемость почвы обусловлено дисперсией почвенных агрегатов и последующей закупоркой пор почвы. Те же соотношения справедливы для эффектов Na^+ и Ca^{2+} , поэтому включение K^+ и Mg^{2+} не создает новых вредных механизмов, которые следует учитывать, и использование CROSS в качестве диагностического инструмента должно быть аналогично использованию SAR. Из уравнения следует, что во всех случаях $CROSS > SAR$.

Все упомянутые выше исследования показали, что негативное влияние K^+ и Mg^{2+} на гидропроводность насыщенной почвы приводит к тому, что они находятся между крайними значениями Na^+ как наихудшего диспергатора почвы и кальция (Ca^{2+}) как наилучшего флокулянта почвы.

Относительно влияния PAR на качество оросительной воды пока отсутствует определенное указание обусловленное тем, что концентрация Na^+ в орошаемых почвах значительно превышает K^+ .

Однако более важной причиной является то, что в руководстве Министерства сельского хозяйства США № 60 [3] делается вывод: "обменный калий оказывает лишь незначительное негативное влияние на физические свойства почв или вообще не оказывает отрицательного влияния". Это послужило причиной объединения двухвалентных катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} в одну группу. Отношение воздухопроницаемости к водопроницаемости зависит от процентного содержания обменного натрия (ESP) и процентного содержания обменного калия (EPP).

На рис.3 представлена динамика изменения содержания K^+ вдоль русла реки Сырдарья. Незначительные концентрации калия дает основание предположить, что его происхождение связано с процессами вымывания пород водой.

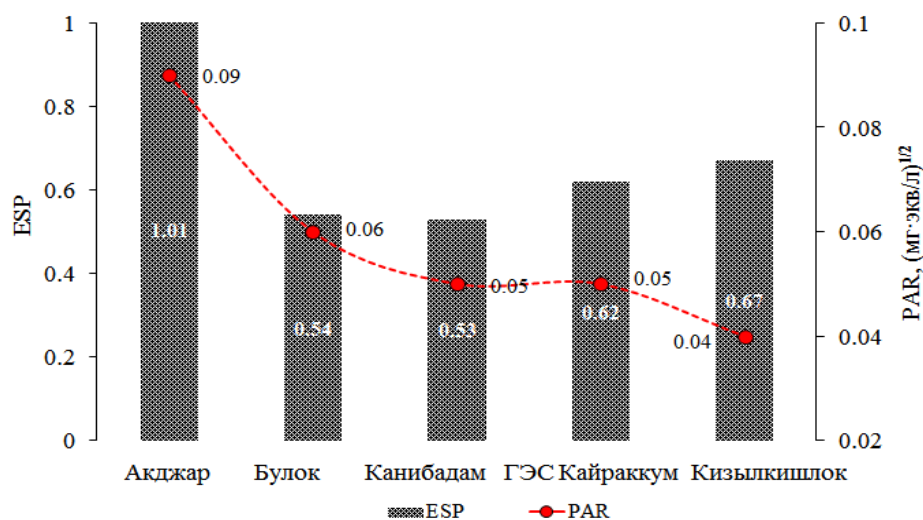


Рис.3. Динамика ESP и PAR вдоль русла реки Сырдарья на территории Таджикистана

Сравнение полученных результатов по основным показателям применимости вод для полива сельскохозяйственных культур с допустимыми пределами показывает, что качество воды реки Сырдарья на территории Таджикистана соответствует требованиям ФАО к оросительным водам.

Литература

1. ЕЭК ООН. Обзор потенциальных источников загрязнения и определение рисков аварийного загрязнения в бассейне реки Сырдарья, 2023. https://unece.org/sites/default/files/202307/Final%20Syr%20Darya%20report_compressed.pdf.

2. Amirgaliev N., Askarova M., Normatov I., Ismukhanova L., Kulbekova R. On the choice of optimal parameters for the integrated assessment of surface water quality // News NAN Republic of Kazakhstan. Series Geology & Tech. Science. 2019. V. 3(435). P.127-136.
3. Arienzo M., Christen E.W., Jayawardane N.S., Quayle W.C. The relative effects of sodium and potassium on soil hydraulic conductivity and implications for winery wastewater management // Geoderma. 2012. V. 173. P.303–310.
4. Asarin A. E., Kravtsova V. I., Mikhailov V. N. Amudarya and Syrdarya rivers and their deltas, Kosarev / Ed.: A. N. Kosarev - Berlin: Springer, 2010. P. 101–121.
5. Bekbaev R. K., Kazykenova G. V., Water resources management on irrigated lands of the lower reaches of the Syr Darya. Ecological sustainability and advanced approaches to water resources management in the Aral Sea basin. Central Asian / International Scientific and Practical Conference. Almaty, 2003. P. 141. (In Russian).
6. Dinka M. O., Loiskandl W., Ndambuki J. M. Hydrochemical characterization of various surface water and groundwater resources available in Matahara areas, Fantalle Woreda of Oromiya region // Journal of Hydrology: Regional Studies. 2015. V. 3. P. 444–456.
7. FAO. The Aral Sea Transboundary river Basin. 2012. www.fao.org/nr/water/aquastat/basins/aral-sea/aral-sea-CP_eng.pdf.
8. Garrels R.M., Mackenzie F.T., Hunt C. Chemical cycle and the global environment. - New York: William Kaufman, 1973. 178p.
9. Han G., Liu C. Q., Water geochemistry controlled by carbonate dissolution: a study of the river waters draining karst-dominated terrain, Guizhou Province, China // Chemical Geology. 2004. V. 204(1-2). P.11–21.
10. Isidoro D., Aragüés R. River water quality and irrigated agriculture in the Ebro basin: an overview // International Journal of Water Resources Development. 2007. V.23 (1). P. 91–106.
11. Kenjebayeva S. S. Hydro-geological conditions of the territory of the lower Syrdarya river flow due to the irrigation of agriculture lands // Res. Publica. 2015. V. 3. P.52–62 (In Russian).
12. Kipshakbaev N., De Shoutter J., Dukhovny V., Malkovsky I., Ogar N., Haibullin A., Yaprntsev V., Tuchin A., Yakhiyaeva K. Ecosystem restoration in the Syrdarya delta and Northern part of the Aral Sea. - Almaty: EVERO, 2010. 134p.
13. Mason B., Moore C.B., Hintermaier-Erhard G. Basic features of geochemistry with 66 tables. - Stuttgart: Enke, 1985. 79p.
14. Meybeck M. Global chemical weathering of surficial rocks estimated from river dissolved loads // Amer. J. Sci. 1987.V. 287(5). P. 401–428.
15. Normatov I. Sh., Shermatov N., Normatov P.I., Markaev B.A., Normatov A.I. Formation and change of the water chemical composition along the bed of the transboundary Pyanj River (Tajikistan) // Geosphere Research. 2023, no. 4.P. 65–76.
16. Oster J.D., Sposito G., Smith Ch. J. Accounting for potassium and magnesium in irrigation water quality assessment // J. California Agriculture. 2016. V. 70(2). P.71-76,
17. Quirk J.P., Schofield R.K. The effect of electrolyte concentration on soil permeability// J. Soil Sci. 1955. V. 6. P.163–78.
18. Rengasamy P., Marchuk A. Cation ratio of soils structural stability (CROSS) // Soil Res. 2011 V. 49. P.280–285.
19. Sadashivaiah C. R., Ranganna G. Hydrochemical Analysis and Evaluation of Groundwater Quality in Tumkur Taluk, Karnataka State // India, International Journal of Environmental Research & Public Health. 2008. V. 5(3). P.158–164.
20. Satybaldiyeva B., Ismailova B., Nurpeisova N., Kengesa K., Snowc D., Malakarc A., Taukebayevd O., Uralbekova B. Downstream hydrochemistry and irrigation water quality of the Syr Darya, Aral Sea Basin, South Kazakhstan. Open Access <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.
21. UNECE. Water quality in the Amudarya and Syrdarya river basins. Analytical Report, Tashkent: United Nations Economic Commission for Europe, 2011.
22. USDA. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. United States Salinity Laboratory. Agriculture, Handbook, 60. – Washington. 1954.
23. Yakubov M. A., Yakubov K. E., Yakubov S. K. Collector-Drainage Drain of Central Asia and Assessment of its use for Irrigation. - Tashkent: SIC ICWC, 2011. P. 78-86.
24. Zhang W., Ma L. Abuduwaili, J., Hydrochemical characteristics and irrigation suitability of surface water in the Syr Darya River, Kazakhstan // Environ Monit. Assessment. 2019. V. 191. P. 572-589.

АРЗИШИ ДАРАЧАИ МУВОФИҚАТИ СИФАТИ ОБИ СИРДАРЁ БА ИНДЕКСҲОИ ИСТИФОДАБАРИИ ОБ БАРОИ ОБЁРӢ

Масоҳати умумии заминҳои обёришаванда дар ҳавзаи дарёи Сир 3,4 миллион гектар ва истифодаи умумии чараёни табиии дарёҳо дар ҳавзаи Сирдарё 130-150 фоизро ташкил медиҳад. Барои ҳалли проблемаи амнияти озуқаворӣ дар ҳар як кишвари минтақа васеъ кардани майдони заминҳои обӣ пешбинӣ шудааст. То соли 2025 майдони заминҳои обёришаванда дар минтақа бояд ба 11,8 миллион гектар расонида шавад. Ин маънои онро дорад, ки норасоии об боиси зиёд шудани такроран истифодабарии обҳои истифодашуда барои обёрӣ мегардад.

Мақола ба омӯзиши динамикаи тағйирёбии таркиби химиявии дарёи Сир дар ҳудуди аз нуқтаи воридод ба ҳудуди Тоҷикистон то нуқтаи гузариши он ба ҳудуди Ўзбекистон бахшида шудааст. Бо истифода аз натиҷаҳои таҳлили кимиёвии намунаҳои об нишондиҳандаҳои асосӣ оид ба истифодаи оби дарёи Сир барои обёрӣ муайян карда шудааст.

Калидвожаҳо: Осиёи Миёна, дарёи Сир, кишоварзӣ, ирригация, гидрохимия, SAR, SSP, ESP, CROSS

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ СООТВЕТСТВИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ РЕКИ СЫРДАРЬЯ ИНДЕКСАМ ПРИМЕНИМОСТИ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ

Общая площадь орошаемых земель по бассейну реки Сырдарья составляет 3,4 млн. га и суммарное использование естественного речного стока бассейна Сырдарьи составляет 130–150 %. Для решения проблемы продовольственной безопасности в каждой из стран региона предусмотрено расширение площадей орошаемых земель. К 2025 году площадь орошаемых земель региона должна достигнуть 11,8 млн. га. Это означает, что дефицит воды приводит к расширенному использованию возвратных вод для орошения.

Настоящая работа посвящена изучению динамики химического состава реки Сырдарья, начиная с пункта пересечения границы Таджикистана и по всему стволу до пункта перехода на территорию соседнего Узбекистана. Использованием результатов химических анализов проб воды определялись основные показатели применимости воды реки Сырдарья для орошения.

Ключевые слова: Центральная Азия, река Сырдарья, сельское хозяйство, орошение, гидрохимия, SAR, SSP, ESP, CROSS

ASSESSMENT OF THE DEGREE OF CONFORMITY OF THE SYRDARYA RIVER WATER QUALITY TO THE INDICES OF APPLICABILITY FOR IRRIGATION

The total area of irrigated land in the Syr Darya River basin is 3.4 million hectares and the total use of natural river flow in the Syr Darya basin is 130-150%. To solve the problem of food security in each of the countries of the region, it is planned to expand the area of irrigated land. By 2025, the area of irrigated land in the region should reach 11.8 million hectares. This means that water deficit leads to expanded use of return water for irrigation. This work is devoted to the study of the dynamics of the chemical composition of the Syr Darya River, starting from the point of crossing the border of Tajikistan and along the entire trunk to the point of transition to the territory of neighboring Uzbekistan. Using the results of chemical analyses of water samples, the main indicators of the applicability of the water of the Syr Darya River for irrigation were determined.

Keywords: Central Asia, Syrdarya River, agriculture, irrigation, hydrochemistry, SAR, SSP, ESP, CROSS

Дар бораи муаллифони

Бозорова Нигора Норалиевна
унвонҷӯи шуъбаи биотехнология ва
биоэкология
Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон дар
ш. Хучанд.
734011, ҚТ ш. Хучанд, кӯчаи Сирдарё 24
Тел.: (+992) 934 45 07 57
E-mail: umarova52@gmail.com

Одинаев Қодирҷон Нодирович
ассистенти кафедраи метеорология ва
климатологияи факултети физика
Донишгоҳи миллии Тоҷикистон
734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе,
х. Рӯдакӣ, 17
Тел.: (+992) 918 15 15 03
E-mail: odinaevqodir@gmail.com

Об авторе

Бозорова Нигора Норалиевна
соискатель отдела биотехнологии и биоэкологии
Национальная академия наук Таджикистана в
городе Худжанд
734011, Республика Таджикистан, г. Хучанд,
кӯчаи Сирдардарё 24
Тел.: (+992) 934450757. E-mail:
umarova52@gmail.com

Одинаев Кодирджон Нодирович
ассистент кафедры метеорологии и климатологии
физического факультета
Таджикский национальный университет
734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе,
х. Рӯдакӣ, 17
Тел.: (+992) 918151503. E-mail:
odinaevqodir@gmail.com

About the author

Bozorova Nigora Noralieva
applicant of the department of biotechnology and
bioecology
National Academy of Sciences of Tajikistan in
Khujand
734011, Republic of Tajikistan, Khujand, Sirdaryo
Str., 24. Phone: (+992) 934450757
E-mail: umarova52@gmail.com

Odinaev Qodirjon Nodirovich
assistant of the Department of Meteorology and
Climatology of the Physics Faculty
Tajik National University
Phone: (+992) 918151503
E-mail: odinaevqodir@gmail.com