

Гидроэкологический мониторинг качества речных вод бассейна реки Амударьи в пределах Узбекистана

Поступила 25.01.2019 г. / Принята к публикации 27.03.2019 г.

© Чембарисов Эльмир Исмаилович¹, Мирзакобулов Жахонгир Бахтиярович², Рахимова Матлуба Наимовна¹, Расулов Бахадыр Олим², Тиллаева Зарина Умаровна²

¹ Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем, г. Ташкент, Республика Узбекистан

² Ташкентский институт инженеров ирригации и мелиорации сельского хозяйства, г. Ташкент, Республика Узбекистан

Аннотация. В статье рассмотрены проблемы качества оросительных вод Центральной Азии путем проведения гидроэкологического мониторинга. Предложены практические и научные рекомендации по решению проблем качества оросительных вод. Отмечается необходимость развития научной базы исследований по всем аспектам качества воды и охраны водных ресурсов; принятия законов и административных документов по охране вод и улучшению их качества; выполнения различных инженерных, технологических мероприятий. Изучено гидроэкологическое состояние поверхностных вод крупных орошаемых массивов бассейна реки Амударьи: Сурхандарьинского, Кашкадарьинского, Хорезмского и орошаемой зоны Республики Каракалпакстан. Отмечается, что процесс засоления орошаемых земель является опасным для региона. По проведенным расчетам на орошаемые поля ежегодно поступает 50...55 млн тонн различных солей. Это является причиной ухудшения гидроэкологического состояния орошаемого земледелия в регионе.

Ключевые слова. Гидрохимический режим, гидроэкологический мониторинг, оросительные воды, антропогенные факторы.

Hydroecological monitoring of the quality of river waters of the Amudarya river basin in the territory of Uzbekistan

Received on January 25, 2019 / Accepted on March 27, 2019

© *Chambarisov Elmir Ismailovich¹, Mirzakobulov Jahongir Bahtiyarovich², Rahimova Matluba Naimovna¹, Rasulov Bahadyr Olim², Tillaeva Zarina Umarovna²*

¹ Scientific research Institute of irrigation and water problems, Tashkent, Republic of Uzbekistan

² Tashkent Institute of Engineers of Irrigation and Agricultural Mechanization, Tashkent, Republic of Uzbekistan

Abstract. The article considers the problems of irrigation water quality in Central Asia through hydroecological monitoring. Practical and scientific recommendations for solving these problems are offered. There are noted the necessity of development of scientific base of researches on all aspects of water quality and protection of water resources; adoption of laws and administrative documents on protection of waters and improvement of their quality; performance of various engineering, technological actions. The hydroecological state of surface waters of large irrigated areas of the Amudarya river basin was studied for region: Surkhandarya, Kashkadarya, Khorezm and irrigated zones of the Republic of Karakalpakstan. It is noted that the process of salinization of irrigated lands is dangerous for the region. According to the calculations 50...55 million tons of various salts are came to irrigated annually fields. This is the reason for the deterioration of the hydrological state of irrigated agriculture in the region.

Keywords. Hydrochemical regime, hydroecological monitoring, irrigation water, anthropogenic factors.

Введение. Необходимость научных и практических исследований по гидрохимии поверхностных вод бассейна Аральского моря значительно увеличивается в последние годы. Это является результатом постоянного ухудшения качества воды в различных частях региона. Качество водных ресурсов должно рассматриваться для условий их исполь-

зования в различных целях: для питья, бальнеологии, сельского хозяйства, технических целей и коммунальных.

Целью данных исследований являлось проведение гидроэкологического мониторинга оросительных вод для формирования научно-обоснованных практических предложений по их использованию. В соответствии с поста-

вленной целью в работе рассмотрены следующие задачи: а) изучение гидрохимического режима поверхностных вод бассейна Аральского моря и современного состояния их качества; б) гидрохимические проблемы, которые необходимо решить; в) способы решения этих проблем.

Материалы и методы исследований. В работе были использованы база данных Научно-исследовательского института ирригации и водных проблем (Республика Узбекистан) по исследованиям изменения водного и гидрохимического режима речных и коллекторно-дренажных вод бассейна Аральского моря [1–4]. Эти исследования проводились сотрудниками лаборатории гидрометрии и метрологии на основе комплексного бассейнового метода.

Состояние изучения гидрохимического режима поверхностных вод бассейна Аральского моря и их качества неоднократно изучались многими исследователями. До 1970 г. основная информация по гидрохимии речных вод в бассейне Аральского моря публиковалась в сериях Гидрохимических ежегодников. С 1938 г. в них регулярно помещаются сведения по химическому составу этих вод (более ранние данные имеют эпизодический характер). С 1975 г. в связи с увеличением числа определяемых химических элементов (на отбираемых постах) эти данные стали публиковаться в Гидрохимических бюллетенях. К сожалению, более или менее налаженный механизм их обмена и другой гидрологической информации прекратились после распада Советского Союза и возникновения новых государств в Центральной Азии (некоторый обмен продолжал осуществляться только между специалистами). С этих пор стало очень трудно обеспечивать объективную оценку качества поверхностных вод этого региона даже по различным речным бассейнам. В связи с этим, стало очень важным объективно оценивать всю гидрохимическую информацию с учетом существующих стандартных методов. В работе предложена блок-схема проведения гидроэкологического мониторинга (рис. 1). Исследования гидрохимии поверхностных вод в бассейне Аральского моря продолжают сокращаться, особенно в Киргизии, Таджикистане и Туркменистане и некоторых регионах Казахстана и Узбекистана. Согласно

опытным оценкам, ежегодный объем водных ресурсов бассейна Аральского моря составляет приблизительно 120 км³ (при минерализация воды от 9...10 г/л до 115...120 г/л за 1960–2017 гг.).

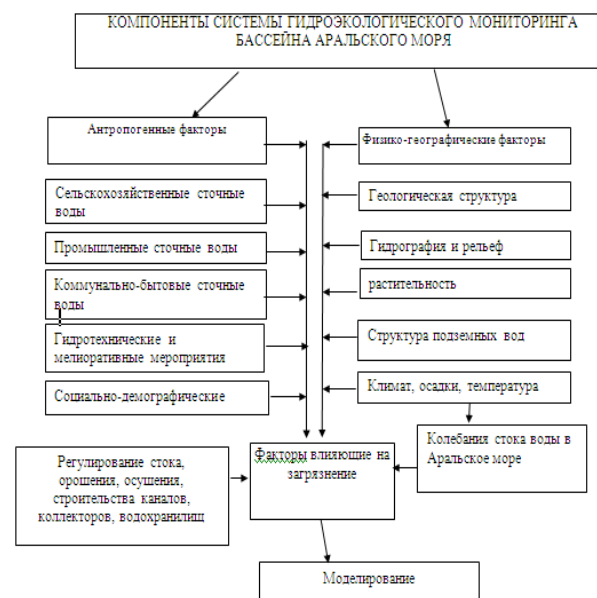


Рис. 1. Главные компоненты системы гидроэкологического мониторинга бассейна Аральского моря

Ежегодный объем современного стока коллекторно-дренажных вод, который отчетливо ухудшает гидроэкологию территории, составляет 33...35 км³, что составляет 30 % от всех возобновляемых водных ресурсов бассейна. В бассейне Амударьи, включающий зоны Каракумского канала вместе с Мургабским и Тедженским ирригационным районом, объем коллекторных вод составляет 21...22 км³ со средней минерализацией от 1,8 до 14,2 г/л. В бассейне Сырдарьи они включают в себя 13...14 км³, со средней минерализацией от 1,7 до 6,0 г/л. Речные воды и, особенно коллекторно-дренажные воды региона, сильно загрязнены.

Анализ данных гидрохимических бюллетеней за последние годы с результатами собственных измерений показал, что воды содержат пестициды, тяжелые металлы(кадмий, стронций и другие), нефтепродукты, фенолы и другие токсические элементы (рис.2). Опасная гидрохимическая ситуация складывается вблизи Аральского моря и на территории Южного Приаралья. В настоящее время в связи с обострением использо-

вания стока трансграничной реки Амударьи возросла необходимость применения и использования различных методов оценки использования стока и его качества по длине реки, а так же изучения гидроэкологического состояния поверхностных и грунтовых вод различных частей и оазисов речных бассейнов.

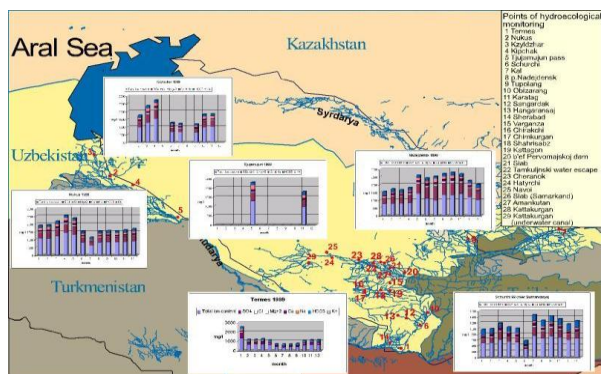


Рис. 2. Гидроэкологическая карта бассейна Аральского моря

Подобные исследования были проведены бассейновым ландшафтно-геологохимическим методом [3]. Одним из теоретических положений данного метода является анализ изменения гидрохимического режима рек с учетом степени и типа засоления орошаемых почв в бассейне реки или в пределах отдельного ирригационного района. При этом одновременно учитывается минерализация коллекторно-дренажных и грунтовых вод орошаемой зоны, содержание солей в которых отражается на поверхности земли через степень засоления почв.

Результаты исследований и их обсуждение. В данной статье изучение гидроэкологического состояния крупных орошаемых оазисов бассейна р. Амударьи было рассмотрено на примере орошаемых зон бассейнов Сурхандарьи, Кашкадарьи, Хорезмского оазиса и Республики Каракалпакстан.

Гидроэкологическое состояние бассейна р. Сурхандарьи. Сурхандарьинская область расположена в верховьях бассейна Амударьи и охватывает бассейн двух ее притоков: р.Сурхандарьи и р.Шерабада. Бассейн р.Сурхандарьи обычно рассматривают совместно с меньшим по размерам бассейном р.Шерабад, так как территория обоих бассейнов полностью входит в Сурхан-

дарьинскую область Республики Узбекистан. Обе реки являются правыми притоками Амударьи: первая впадает в нее на 137 км от начала реки, вторая под названием Карасу – на 180 км.

Среднегодовое значение водных ресурсов Сурхандарьи составляет 3,59 км³ или 113,6 м³/с (для сравнения – водные ресурсы р. Шерабад составляют 0,22 км³ или 6,9 м³/с).

Согласно данным Госкомземгеодекастра динамика изменения площади орошаемых земель Сурхандарьинской области следующая (в тыс. га): в 1995 г. орошалось 327,7; 1999 – 329,3; 2000 – 328,2; 2001 – 324,6; 2002 – 325,8; 2003 – 326,6; площадь всех земель области составляет 2009,9 тыс. га. На 1 января 2010 г. орошалось 326 тыс. га.

В 2010 г. из 279,1 тыс. га обследованных орошаемых сельхозугодий засоленные составили 178,5 тыс. га, в т. ч. слабозасоленные – 108,4 тыс.га (38,8 %), средnezасоленные – 47,6 тыс. га (17,0 %), сильнозасоленные – 22,5 тыс. га (8,1 %).

Значительное число магистральных коллекторов впадает в Сурхандарью (наибольшие расходы воды в среднем за год равны 0,71...1,62 м³/с, средняя минерализация коллекторных вод меняется от 0,36 до 1,90 г/л).

Наименьшая минерализация воды (0,17...0,40 г/л) наблюдается в верховьях Сурхандарьи (бассейны Тупаланга, Обизаранга, Сангардака), состав ее сульфатно-гидрокарбонатный–кальциевый. Начиная от створа Шурчи, минерализация воды в Сурхандарье постепенно возрастает и в устье реки достигает 1,1...1,4 г/л, при этом состав ее постепенно меняется на сульфатный–магниево-кальциевый.

Согласно проведенной оценке гидроэкологическое состояние бассейна р. Сурхандарьи является слабо нарушенным.

Гидроэкологическое состояние бассейна р. Кашкадарьи. В Кашкадарьинском бассейне развито интенсивное орошаемое земледелие. Собственных водных ресурсов для этой цели в бассейне не хватает и оросительные системы подпитываются каналом из бассейна р. Зеравшан. Вся западная часть бассейна питается водами Амударьи, подаваемыми по Каршинскому магистральному каналу.

Из общей площади орошаемых земель порядка 495,0 тыс. га в верхней зоне расположены 190,0 тыс. га, на территории районов нижней зоны – 305,0 тыс. га. Водные ресурсы, располагаемые областью, представляют собой сумму лимитов водоподачи из рек: Амударьи и Заравшана, стока р. Кашкадарьи и коллекторно-дренажных вод, пригодных к использованию.

Объем поверхностных вод по области составляет 6,7 км³, в том числе собственные ресурсы речного стока – 1,3 км³ или 19 % от общего количества.

По верхней зоне, величина дренажно-сбросного стока колеблется в пределах 220...300 млн м³, что составляет 20 % от водоподачи. Основная часть возвратного стока формируется на территории новой зоны орошения, где возврат от водоподачи увеличивается до 45 %, а объем стока составляет 1400...1800 млн м³.

Для улучшения водообеспеченности земель в долину Кашкадарьи была осуществлена переброска сначала заравшанской воды, а затем и амударьинской. Сток Кашкадарьи используется на орошение только в пределах ее долины, так как все земли, расположенные ниже г. Карши, получают воду из Амударьи. Однако в долине Кашкадарьи свободных площадей значительно больше, чем можно оросить за счет речных вод.

В последние годы химический состав воды в бассейне р. Кашкадарьи «Узгидрометом» определяется на семи створах: 1) р. Кашкадарья – кишл. Варганза; 2) р. Кашкадарья – кишл. Чиракчи; 3) р. Кашкадарья – пос. Чимкурман; 4) р. Акдарья (Аксу) – г. Шахрисабз; 5) р. Акдарья – кишл. Хисарак; 6) р. Танхизыдарья – кишл. Каттагон; 7) Левобережный канал Чимкурманского водохранилища – пос. Чимкурман.

Наименьшие величины минерализации наблюдаются в р. Кашкадарье у кишл. Варганза, в р. Акдарья у г. Шахрисабза и у кишл. Хисарак, в р. Танхизыдарья у кишл. Каттагон (0,16...0,27 г/л); в р. Кашкадарье у кишл. Чиракчи она увеличивается до 0,32...0,40 г/л, у пос. Чимкурман – до 0,79...1,09 г/л. В левобережном канале Чимкурманского водохранилища она равна 0,71...0,73 г/л.

Согласно проведенной оценке гидроэкологическое состояние бассейна р. Кашкадарьи является нарушенным.

Гидроэкологическое состояние Хорезмского оазиса. Хорезмская область, расположенная в дельте р. Амударьи, представляет по своим природным условиям и ресурсам одну из важнейших зон Республики Узбекистан. Низовья Амударьи – район древней цивилизации, восходящей к первым векам до нашей эры, известный под названием Хорезмского оазиса. На протяжении столетий здесь велась интенсивная хозяйственная деятельность, основанная на поливном земледелии. Всплеск антропогенного воздействия на сложившуюся экосистему приходится на современный период, когда началось широкомасштабное вовлечение земель под возделывание хлопка, риса и других культур с проведением комплекса ирригационных и мелиоративных мероприятий. Область граничит с севера и востока с Республикой Каракалпакстан, с востока и юга с Дашхувуской областью Туркменистана.

В 2007–2010 гг. величина орошаемой площади в оазисе увеличилась до 263...265 тыс. га, водозабор изменялся в пределах 2,2...4,6 км³/год; протяженность коллекторно-дренажной сети превысила 9,0 тыс. км.

Средняя величина минерализации воды р. Амударьи у створа Саманбай в эти годы возросла до 1,0...1,2 г/л, состав воды не изменился и был преимущественно сульфатно-хлоридно-магниево-кальциево-натриевым. Согласно проведенной оценке гидроэкологическое состояние Хорезмского оазиса является нарушенным.

Гидроэкологическое состояние Республики Каракалпакстан. Сложность геологического строения дельты р. Амударьи, наличие и хозяйственное использование орошаемых земель в дельте обуславливает особенности ее гидрогеологических условий формирования режима грунтовых вод. В плане проведения гидроэкологического мониторинга большой практический интерес вызывает анализ минерализации и состояния грунтовых вод за многолетний период.

Анализ имеющихся данных мелиоративной и гидрогеологической обстановки по динамике грунтовых вод на орошаемых землях показал, что высо-

кие уровни грунтовых вод наблюдаются в марте и апреле в период интенсивных промывных поливов, по окончании промывов происходит некоторое падение уровня.

По условиям формирования грунтовых вод низовья р. Амударьи отличаются от остальных оазисов Узбекистана тем, что главная речная артерия здесь проходит по командным отметкам территории, формируя потоки грунтовых вод, движущиеся от реки в глубь оазиса.

В последние годы на орошаемой площади размером 515,3 тыс. га грунтовые воды на глубине 0...1 м занимают 7,8 тыс. га; 1...1,5 м – 48,9 тыс. га; 1,5...2 м – 267,8 тыс. га; 2...3 м – 120,9 тыс. га; 3...5 м – 66,9 тыс. га; более 5 м – 2,25 тыс. га. Минерализация грунтовых вод изменяется следующим образом: 0...1 г/л занимает 2,7 тыс. га; 1...3 г/л – 439,7 тыс. га; 3...5 г/л – 72,8 тыс. га; 5...10 г/л – 6,06 тыс. га и более 10 г/л – 0,3 тыс. га.

Грунтовые воды, насыщающие толщу дельтовых отложений и почти лишённые общего стока, образуют обширный бассейн с неоднородными гидрогеологическими условиями. Неоднородность выражается в различии глубины залегания грунтовых вод, их минерализации, условий местного стока и зависит от питания, рельефа и литологического строения пород.

Минерализация грунтовых вод в зоне застоя пестрая, наблюдается неравномерное распределение солей, которое зависит в основном от наличия местного подземного стока.

Наименьшей минерализацией обладают грунтовые воды приречной полосы и участков, прилегающих к протокам. При этом преобладающее значение имеют гидрокарбонатно-сульфатные-кальциевые, а в непосредственной близости к водотокам гидрокарбонатно-кальциевые воды. По мере возрастания общего содержания солей в воде, что особенно резко выражено в средних частях междуречных понижений, повышается содержание сульфатов и хлоридов, а в сильно минерализованных (40...60 г/л) водах преобладают хлориды. Из катионов преобладают натрий и магний.

Минерализация воды в верхнем течении р. Амударьи равна 0,47...0,58 г/л, к нижнему течению у створа Туя-

мун она повышается до 0,69...0,86 г/л, а у г.Нукуса (Саманбай) превышает 1,23 г/л. Преобладающий химический состав сульфатно-хлоридный-магниево-кальциево-натриевый. Согласно проведенной оценке гидроэкологическое состояние Республики Каракалпакстан является сильно нарушенным

Практические рекомендации. Для практических решений отмеченных проблем требуется выполнение работ по следующим основным направлениям: развитие научной базы исследований по всем аспектам качества воды и охраны водных ресурсов; принятие законов и административных документов по охране воды и улучшению их качества; выполнение различных инженерных, технологических и других мер по перечисленным проблемам.

Основные условия для успешного выполнения рекомендаций по гидрохимическим исследованиям следующие: строгое выполнение закона «О воде и водопользовании», который был принят в Узбекистане и принятие подобных законов требуется правительствами других государств региона; создание сети всестороннего мониторинга со своевременным сообщением и с оценкой изменений качества воды и принятия мер по ликвидации негативных процессов; создание водоохраных зон вдоль берегов и буферных полос для удобства управления водой для целей охраны от загрязнений речных вод и деградации земель.

Выводы

Предложена блок-схема гидроэкологического мониторинга поверхностных водных ресурсов бассейна Аральского моря. Основываясь на критериях данной блок-схемы, изучено гидроэкологическое состояние поверхностных вод крупных орошаемых массивов бассейна р. Амударьи: Сурхандарьинского, Кашкадарьинского, Хорезмского и орошаемой зоны Республики Каракалпакстан. Согласно проведенному анализу гидроэкологическое состояние в отмеченных оазисах изменяется от слабо нарушенного (Сурхандарьинский оазис) до сильно нарушенного (орошаемая зона Республики Каракалпакстан). Одной из опасных проблем для орошаемой зоны Центральной Азии представляет процесс засоления поливных земель. По проведенным расчетам на орошаемые поля ежегодно поступает 50...55 млн т разли-

чных солей. Данное обстоятельство является причиной ухудшения гидроэкологического состояния орошаемого земледелия.

Библиографический список

1. Чембарисов Э.И., Хожамуратова Р.Т. Коллекторно-дренажные воды Республики Каракалпакстан. Нукус, «Би-лим», 2008. 56 с.
2. Чембарисов Э.И., Хожамуратова Р.Т. Гидрологическая экология Узбекистана и ее задачи // Вестник КГУ им. Бердаха. 2010. № 3–4. С. 27–29.
3. Чембарисов Э.И., Лесник Т., Нарсулин А., Хожамуратова Р.Т. Генезис, формирование и режим поверхностных вод Узбекистана и их влияние на засоление и загрязнение агроландшафтов (на примере бассейна р. Амударья). Нукус «Каракалпакстан», 2016. 208 с.
4. Отчет. ФА-Ф5-Т126. Генезис, формирование и режим поверхностных вод Узбекистана и их влияние на загрязне-

ние и засоление агроландшафтов. Ташкент, 2012. 91 с.

References in roman script

1. CHembarisov E.I., Hozhamuratova R.T. Kollektorno-drenazhnye vody Respubliki Karakalpakstan. Nukus, «Bi-lim», 2008. 56 s.
2. CHembarisov E.I., Hozhamuratova R.T. Hidrologicheskaya ekologiya Uzbekistana i ee zadachi // Vestnik KGU im. Berdaha. 2010. № 3–4. С. 27–29.
3. CHembarisov E.I., Lesnik T., Narulin A., Hozhamuratova R.T. Genezis, formirovanie i rezhim poverhnostnyh vod Uzbekistana i ih vliyanie na zasolenie i zagryaznenie agrolandshaftov (na primere bassejna r. Amudar'i). Nukus «Karakalpakstan», 2016. 208 s.
4. Otchet. FA-F5-T126. Genezis, formirovanie i rezhim poverhnostnyh vod Uzbekistana i ih vliyanie na zagryaznenie i zasolenie agrolandshaftov. Tashkent, 2012. 91 s.

Дополнительная информация

Сведения об авторах:

Чембарисов Эльмир Исмаилович, доктор географических наук, профессор; Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем; м. Карасу – 4, д. 11, Ташкент, Республика Узбекистан, 100187.

Мирзакобулов Жахонгир Бахтиярович, ассистент; Ташкентский институт инженеров ирригации и мелиорации сельского хозяйства; ул. К. Ниязова, 39, Ташкент, Республика Узбекистан, 100187.

Рахимова Матлуба Наимовна, младший научный сотрудник; Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем; м. Карасу – 4, д. 11, Ташкент, Республика Узбекистан, 100187.

Расулов Бахадыр Олим, магистр; Ташкентский институт инженеров ирригации и мелиорации сельского хозяйства; ул. К. Ниязова, 39, Ташкент, Республика Узбекистан, 100187.

Тиллаева Зарина Умаровна, магистр; Ташкентский институт инженеров ирригации и мелиорации сельского хозяйства; ул. К. Ниязова, 39, Ташкент, Республика Узбекистан, 100187.



В этой статье под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 International License, которая разрешает копирование, распространение, воспроизведение, исполнение и переработку материалов статей на любом носителе или формате при условии указания автора(ов) произведения, защищенного лицензией Creative Commons, и указанием, если в оригинальный материал были внесены изменения. Изображения или другие материалы третьих лиц в этой статье включены в лицензию Creative Commons, если иные условия не распространяются на указанный материал. Если материал не включен в лицензию Creative Commons, и Ваше предполагаемое использование не разрешено законодательством Вашей страны или превышает разрешенное использование, Вам необходимо получить разрешение непосредственно от владельца(ев) авторских прав.

Для цитирования: Чембарисов Э.И., Мирзакобулов Ж.Б., Рахимова М.Н., Расулов Б.О., Тиллаева З.У. Гидроэкологический мониторинг качества речных вод бассейна реки Амударья в пределах Узбекистана // Экология и строительство. 2019. № 1. С. 12–18. doi: [10.35688/2413-8452-2019-01-002](https://doi.org/10.35688/2413-8452-2019-01-002).

Additional Information

Information about the authors:

CHembarisov Elmir Ismailovich, doctor of geographical sciences, professor; Scientific research Institute of irrigation and water problems; m. Karasu – 4, d. 11, Tashkent, Republic of Uzbekistan, 100187.

Mirzakobulov ZHahongir Bahtiyarovich, assistant; Tashkent Institute of Engineers of Irrigation and Agricultural Mechanization; Kori Niyoziy str., 39, Tashkent, Republic of Uzbekistan, 100187.

Rahimova Matluba Naimovna, junior researcher; Scientific research Institute of irrigation and water problems; m. Karasu – 4, d. 11, Tashkent, Republic of Uzbekistan, 100187.

Rasulov Bahadyr Olim, master's degree; Tashkent Institute of Engineers of Irrigation and Agricultural Mechanization; Kori Niyoziy str., 39, Tashkent, Republic of Uzbekistan, 100187.

Tillaeva Zarina Umarovna, master's degree; Tashkent Institute of Engineers of Irrigation and Agricultural Mechanization; Kori Niyoziy str., 39, Tashkent, Republic of Uzbekistan, 100187.



This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons license, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons license and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder.

For citations: CHembarisov E.I., Mirzakobulov ZH.B., Rahimova M.N., Rasulov B.O., Tillaeva Z.U. Hydroecological monitoring of the quality of river waters of the Amudarya river basin in the territory of Uzbekistan // *Ekologiya i stroitelstvo*. 2019. № 1. P. 12–18. doi: [10.35688/2413-8452-2019-01-002](https://doi.org/10.35688/2413-8452-2019-01-002).