

УДК 502/504 : 631.6 : 626.8

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДИКИ ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРИ АНАЛИЗЕ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И ИРРИГАЦИОННЫХ СООРУЖЕНИЙ УЗБЕКИСТАНА

Поступила 15.10.2017 г.

© **Мухаммадиев Мурадулла Мухаммадиевич, Насрулин Айдар Булатович**  
Ташкентский государственный технический университет, г. Ташкент, Республика Узбекистан

## THE USE OF HYDRO-ECOLOGICAL METHODS OF MONITORING FOR THE ANALYSIS OF HYDROPOWER AND IRRIGATION STRUCTURES OF UZBEKISTAN

Received on October 15, 2017

© **Mukhammadiev Muradulla Mukhammadievich, Nasrulin Aidar Bulatovich**  
Tashkent State Technical University, Tashkent, Republic of Uzbekistan

Статья посвящена актуальной теме создания геоинформационных систем для гидроэкологического мониторинга как инструмента поддержки информационных систем бассейна Аральского моря и оптимизации моделей при разработке экологически приемлемых режимов эксплуатации гидротехнических сооружений. В данной научной работе представлен опыт создания геоинформационных систем с использованием дистанционных методов для информационной поддержки, при исследовании технических параметров гидроэнергетических и ирригационных сооружений на уровне бассейна реки Амударья и Сырдарья. Результаты работы позволяют организовать более рациональное использование и сохранение земельных и водных ресурсов с устойчивой эксплуатацией гидроэнергетических и ирригационных сооружений Узбекистана.

Ключевые слова: проектирование, гидротехнические и ирригационные сооружения, географо-информационные системы, гидроэкологический мониторинг.

**Введение.** Сельское и водное хозяйство Узбекистана в настоящее время находится в стадии коренного реформирования. Осуществляются большие работы по реструктуризации землепользования, внедряются правовые аспекты собственности, формируются рыночные структуры, а также аспекты реализации и сбыта сельскохозяйственной продукции. Численность населения Узбекистана превышает 30 миллионов человек и более 50 % из них приходится на долю сельского население. Из-за кли-

The article is devoted the issue of creating the geoinformation systems for hydroecological monitoring as a support tool for information systems in the Aral sea basin and the optimization models in the development of environmentally acceptable modes of operation of hydraulic structures. In this scientific work presents the experience of works on creation of geoinformation systems using remote methods for information support, with a study of the technical parameters of the hydropower and irrigation facilities on the pool level of the river Amudarya and Syrdarya. The results allow to organize a more rational use and conservation of land and water resources with sustainable exploitation of hydropower and irrigation structures of Uzbekistan.

Keywords: design, hydraulic and irrigation structures, geoinformation systems, hydroecological monitoring.

матических условий более 90 % всех сельскохозяйственных культур, выращивают только при орошении. Аграрный сектор обеспечивает почти 29 % ВВП, в нем занято 46 % численности трудоспособного населения. Поэтому остро стоит вопрос использования новых методов и геоинформационных систем для своевременного выявления существующих проблем в условиях конкретных регионов и гидротехнических сооружений, чтобы проводить реконструкцию в первую очередь на тех объектах, где сроки

амортизации подошли к концу. Здесь также большое значение имеет прогнозирование экологической ситуации, позволяющее определить среди объектов наиболее слабые звенья. Политическая и экономическая устойчивость Узбекистана зависит от эффективного использования водных ресурсов и политики окружающей среды. Поэтому наиболее актуальной темой исследований узбекских ученых является изучение гидротехнических сооружений [1].

Исследования последних лет показали, показали, что ландшафт и экологический режим поверхностных вод Узбекистана изменяется под влиянием физико-географических факторов (в первую очередь климатических) и антропогенных факторов (сельское хозяйство, эксплуатация ирригационных сооружений и промышленности). Это позволяет сделать вывод о необходимости проведения научно-исследовательских работ по выявлению закономерностей изменения ландшафтов и изменения экологического режима поверхностных вод Узбекистана.

Гидроэнергетические и ирригационные объекты Узбекистана выполняют значимую роль в обеспечении потребителей электроэнергией и водными ресурсами. При их проектировании необходимо обосновать и выбрать основные параметры гидротехнических сооружений, требующих особого контроля с точки зрения селевой, лавинной и сейсмической опасности. Также при проектировании требуется учесть влияние рельефа на ландшафт прилегающей к гидроэнергетическим и ирригационным сооружениям.

Водные ресурсы крупнейших рек, Сырдарья и Амударья, их распределение в пространстве и во времени являются важнейшими определяющими факторами, влияющими на экосистему и экологию региона.

Для стран с большим числом плотин вопрос обеспечения их безопасности приобретает особую остроту. По данным Международной комиссии по большим плотинам, во всем мире насчитывается более 800 тысяч плотин различных типов, из которых около 50 тысяч имеют высоту более 15 метров. Для обеспечения нужд экономики республики, в частности для орошаемого

земледелия построены и эксплуатируются 55 водохранилищ с суммарным объемом воды более 15 км<sup>3</sup>, 40 крупных гидроузлов, 1,5 тыс. насосных станций (из них 24 крупных), крупные каналы, с протяженностью 2,7 тыс. км и 25 крупных коллекторов, общая длина которых составляет 27 тыс. км. Большинство этих гидротехнических сооружений были построены в 70-е годы XX столетия и к настоящему времени частично или полностью исчерпали свой ресурс. Вместе со снижением эффективной работы гидротехнических и гидроэнергетических сооружений повышается риск аварий, которые могут привести к непредсказуемым последствиям.

Стихийные бедствия, связанные с прохождением паводковых и селевых вод в южных регионах России, Америки, Чехии Германии и Франции в основном были вызваны авариями на гидротехнических сооружениях, которые привели к человеческим жертвам, ущербу окружающей среды и значительным материальным потерям. Чрезмерное старение конструкций гидротехнических сооружений, гидротехнического и водного оборудования не способствуют выполнению объектами своих функциональных задач, во многих случаях объекты эксплуатируются в аварийном режиме. Создают серьезную угрозу экономической и экологической безопасности государства.

**Краткая характеристика современного состояние вопроса и объектов исследований.** Объект исследования – бассейн реки Амударья и Сырдарья.

Центральная Азия в гидрографическом плане относится к бассейну Аральского моря. Площадь этого бассейна равна 2 686,6 тыс. км<sup>2</sup>, включая не только территорию пяти Центрально-Азиатских Республик, но Афганистан (257 тыс. км<sup>2</sup>) и Иран (65,0 тыс. км<sup>2</sup>). Гидрографическая сеть бассейна рек Амударья и Сырдарья, зависит от рельефа и тектоники, опосредованно также влияет на распределение химического состава речной воды по территории бассейна. Всего на территории бассейна Амударья насчитывается 40 615 рек, в том числе 2 289 бессточных. Все эти реки не были рассмотрены в настоящей работе. Была проведена генерализация и

отбор исследуемых объектов. Характеристика речной сети описываемой тер-

ритории и распределение по бассейнам основных рек приведена ниже (табл. 1).

Таблица 1

Площадь бассейнов и длины главных рек бассейна реки Амударьи

Реки	Длина, км	Площадь бассейна, км <sup>2</sup>
Пяндж-Памир	1 038	114 000
Гунт	296	13 700
Бартанг-Оксу	528	24 700
Вахш-Кызылсу	759	38 100
Кафирниган	387	11 600
Сурхандарья	287	13 500
Кашкадарья	387	12 000
Зарафшан	877	12 300

Как физико-географический фактор рельеф влияет на условия водообмена. В водосборной части Амударьи расположен ряд крупных горных хребтов Памиро-Алая и Гиндикуша с высотами до 7 500 м и мощными ледниками.

Бассейн реки Амударьи, самой многоводной реки Центральной Азии, охватывает более 80 крупных рек, расположенных на территории Узбекистана, Таджикистана, Туркмении. Амударья протекает по территории Узбекистана в пределах своего среднего и нижнего течения. Образуется Амударья слиянием рек Пяндж и Вахш. Длина реки составляет 1 437 км, площадь водосбора – 22 700 км<sup>2</sup>. Ниже слияния Пянджа и Вахша Амударья принимает левобережный приток Кундуздарью, формирующей свои воды на территории Афганистана, и правые притоки Кафирниган и Сурхандарью. Следующий пра-

вый приток – река Шерабад сбрасывает в Амударью свои воды в ничтожном количестве и не каждый год. Реки Зарафшан и Кашкадарья, являющиеся гидрографически притоками Амударьи, своих вод до нее не доносят вследствие разбора их стока на орошение. Ниже впадения реки Шерабад Амударья не только не получает поверхностного питания, а, наоборот, разбирается на орошение, теряет воду на испарение и инфильтрацию, постепенно уменьшая свой сток.

Большое значение имеет также информация по бассейну реки Сырдарья, протекая на территории Кыргызстана, Узбекистана, частично и Казахстана, она значительно меняет свою водоносность и качественный состав.

Качество воды реки Амударьи и Сырдарьи обусловлено как природными, так и антропогенными факторами.

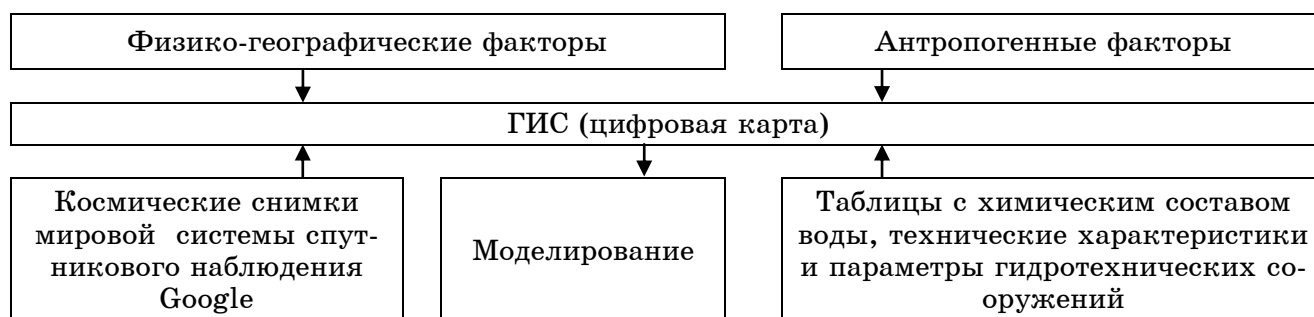


Рис. 1. Блок-схема системы гидроэкологического мониторинга бассейна Аральского моря

Данная методика была опубликована в работах [2, 3]. Технические средства обеспечения включают в себя

несколько блоков сбора и обработки информации. Включают в себя компьютерный банк данных, картосхемы, ГИС-

систему (географическая информационная система), методы статистического анализа, математического моделирования и картографии. Объединение информации проведено с помощью компьютера, также были учтены естественные и антропогенные факторы. Развитие систем компьютерного банка данных, позволило нам оценивать ее содержание на базе геоинформационной системы ГИС [4, 5].

Также очевидно, чтобы результаты математического моделирования стали элементом механизмов поддержки принятия решений, эти результаты должны легко передаваться в ГИС. И, наоборот, необходимые данные из ГИС (например, количество загрязняющих веществ, форма русла реки, отметки поверхности земли, гидротехнические и гидрогеологические данные и др.) должны распознаваться и импортироваться моделирующей системой для использования в расчетах. Важным моментом является также и то, что математические модели для водных объектов должны разрабатываться профессионалами гидрологами, гидрогеологами и гидротехниками, а профессиональные ГИС – профессионалами ГИС технологий. Если удастся корректно увязать хорошую математическую модель и добротную ГИС, можно достичь максимального эффекта от результатов моделирования и расширить эффективную область применения ГИС.

**Результаты и обсуждение.** Использование ГИС позволяет при проектировании работ по ремонту старых и строительству новых гидроэнергетических и ирригационных сооружений учесть ландшафт и рельеф местности, выбрать оптимальные места строительства, укрепить селеопасные места, прогнозировать оползни и обвалы. Создание карт и географический анализ не являются чем-то абсолютно новым. Однако технология ГИС предоставляет новый, более соответствующий современным условиям, более эффективный, удобный и быстрый подход к анализу проблем и решению задач, стоящих перед человечеством в целом, и конкретной организацией или группой людей. Она автоматизирует процедуру анализа и прогноза. Основные информационные параметры которые можно получить из цифровых карт для развития международных научных связей: система координат; возможность заполнять

несколько пространственных слоев цифровых карт, растровых и векторных объектов; создание файлов банка данных; графический показ исследуемых объектов по технологии ГИС; реализация экспериментальных работ с использованием созданной системы.

В данной научной работе представлен опыт работ по созданию ГИС с использованием дистанционных методов для информационной поддержки, при исследовании технических параметров сооружений на уровне бассейна реки Амударья и Сырдарья (пример на рис. 2).

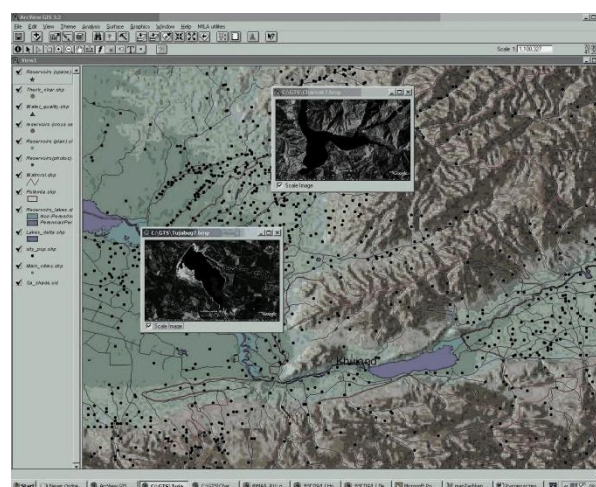


Рис. 2. Пример использования ГИС для изучения гидротехнических сооружений, например, после наведение курсора на водохранилище, можно сразу получить космический фотоснимок, где детально можно узнать конфигурацию водохранилища [6]

Также можно получить информацию о химическом составе, схемы и таблицы гидротехнических и гидроэнергетических сооружений.

#### Заключение

Была разработана методика определения критериев предельного состояния, при котором конструкция признается опасной для окружающей среды, также критерии гидроэкологической напряженности [7, 8] (таблица 2).

Созданы цифровые карты по районам проведенных исследований, в которых были выделены особо и наиболее опасные зоны при эксплуатации этих сооружений.

## Перечень критериев гидроэкологической напряженности

Название показателя	Формула для расчета показателя	Величина показателя для бассейна р. Амударьи
Коэффициент использования $K_{и}$ стока	$K_{и} = W_{вз}/W_{р}$ , где $W_{вз}$ – водозабор; $W_{р}$ – водоресурсы	Сурхандарьинская область – 1,24 Каракалпакистан – 0,8
Полный химический состав на замыкающих створах с учетом загрязняющих ингредиентов	Количество ингредиентов, превышающих ПДК, степень их превышения	створ Термез 6 шт. (1,1...4) створ Нукус 8 шт. (1,2...4)
Интегральный индекс загрязненности воды по средним значениям ПДК створ Термез $n = 7$ и 6 створ Нукус $n = 8$ и 10		створ Термез 4,9 и 2,4 створ Нукус 3,8 и 2,7
$S_j$ – коэффициент гидрохимической нагрузки территории, вызываемой коммунально-бытовым стоком		$S_j = LH_{ds}$ , где $H_{ds}$ – удельный вынос ингредиентов; $L$ – численность населения

Разработаны гидрометрические приборы для учета поверхностных водотоков [9].

Учтено влияние гидрохимического состояния вод около этих гидротехнических сооружений (пестицидов, тяжелых металлов и др.).

Разработаны серии ГИС-карт с разными параметрами гидротехнических сооружений Узбекистана, составлена система рекомендаций и практических мероприятий, направленных на использование критериев безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений Республики Узбекистан.

По методике пластики рельефа на ландшафтах прилегающих территорий, были определены наиболее селеопасные и лавиноопасные направления, которые нужно учитывать для проектирования и ремонте гидротехнических сооружений [10].

По полученным техническим данным по конкретным гидроэнергетическим и ирригационным сооружениям, можно получить различные модели, например, исследовать скорость потока воды в затворах гидроэнергетических и ирригационных сооружений и другие параметры.

Результаты исследований могут быть полезны при организации более рационального использования и сохранения земельных и водных ресурсов, обеспечивающих устойчивую эксплуата-

цию гидроэнергетических и ирригационных сооружений Узбекистана.

**Библиографический список**

1. Мухаммадиев М.М., Клычев Ш.И., Джураев К.С., Мадалиев Ф.Э., Бекмурдов С., Абдулазиз Уулу А. Исследование скорости потока воды в затворах гидроэнергетических и ирригационных сооружений // Вестник СГАСУ: Градостроительство и архитектура. – 2016. – № 2. – С. 135–139.
2. Nasrulin A. Hydroecological monitoring of the Aral Sea Basin in the purpose of Ecological safety // Water resource. – 2000. – P. 109–113.
3. Nasrulin A., Lieth H. Elaboration of Systems Hydroecological Monitoring of Aral Sea Basin . - M. Matthies, H. Malchow & J. Kriz (eds.) Integrative Systems Approaches to Natural and Social Dynamics. – Berlin Springer-Verlag, ISBN 3-540-41292-1, appr. August 2001. – P. 249-261
4. Насрулин А.Б. Гидроэкологические аспекты использования ГИС-технологий при создании систем управления водными ресурсами бассейна Аральского моря // Экологическая устойчивость и передовые подходы к управлению водными ресурсами в бассейне Аральского моря: материалы Центрально-азиатской междун. науч.-практич. конф. – Алматы, 2003. – С. 194–199.
5. Nasrulin A.B., Shaazizov F.Sh. , Lieth H. Computer supported system for

the risk assessment and action recommendation for the water objects Uzbekistan based on the databank already developed // The first international symposium on Sabkha management: International conference on Biosaline agriculture and High salinity tolerance. – Tunis, 2006. – P. 72.

6. Махмудов Э.Д., Шаазизов Ф.Ш., Насрулин А.Б. Опыт использования ГИС-технологий при разработке критериев безопасной эксплуатации особо крупных гидротехнических сооружений Республики Узбекистан // Республиканская научно-практическая конференция «Развитие водного хозяйства и мелиорации республики Узбекистан в период перехода к рыночной экономики»: сб. науч. докладов. – Ташкент, 2006. – С. 95–96.

7. Насрулин А.Б., Шаазизов Ф.Ш. Опыт разработки критериев системы гидроэкологического мониторинга на базе ГИС-технологий для изучения природных и техногенных процессов, влияющих на безопасную эксплуатацию гидротехнических сооружений Узбекистана // Анализ, прогноз и управление природными рисками в современном мире: мат. 9-й Международной научно-практической конференции «ГЕО-РИСК-2015», Том 1. – М.: РУДН, 2015. – С. 500–506.

8. Насрулин А.Б., Шаазизов Ф.Ш. Актуальные проблемы проектирования гидротехнических сооружений рек бассейна Аральского моря в контексте глобального изменения климата // XVII Международной научно-практической конференции «Водные ресурсы и ландшафтно-усадебная урбанизация территории России в XXI веке»: сб. докладов, Том 1. – Тюмень, 2015. – С. 108–113.

9. Насрулин А.Б., Расулов У.Р. Опыт разработки перспективных средств учета воды для обеспечения эффективного использования оросительной воды ирригационных систем Узбекистана // Водные ресурсы и водопользование. – 2014. – № 10 (129). – С. 12–16.

10. Насрулин А.Б., Чембарисов Э.И., Лесник Т.Ю. Опыт использования ГИС-технологий и метода пластики рельефа при изучении формирования и режима поверхностных вод р. Амударья с учетом гидрогеологических условий // Современные методы и технологии в решении гидрогеологических, инженерно-геологических и геоэкологических задач: мат. республиканской науч.-

технич. конф. – Ташкент: Институт ГИДРОИНГЕО, 2013. – С. 139–141.

#### *Сведения об авторах*

**Мухаммадиев Мурадулла Мухаммадиевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой гидравлики и гидроэнергетики; Ташкентский государственный технический университет; 100093, Республика Узбекистан, г. Ташкент. ул. Университетская, 2; e-mail: Muxammadiev\_m@rambler.ru.

**Насрулин Айдар Булатович**, кандидат географических наук, старший преподаватель кафедры гидравлики и гидроэнергетики; Ташкентский государственный технический университет; 100093, Республика Узбекистан, г. Ташкент. ул. Университетская, 2; e-mail: Nasrulin@mail.ru.

#### *References*

1. Muhammadiev M.M., Klychev Sh.I., Dzhuraev K.S., Madaliev F.Je., Bekmurdiv S., Abdulaziz Uulu A. Issledovanie skorosti potoka vody v zatvorah gidrojenergeticheskikh i irrigacionnyh sooruzhenij // Vestnik SGASU: Gradostroitel'stvo i arhitektura. – 2016. – № 2. – S. 135–139.

2. Nasrulin A. Hydroecological monitoring of the Aral Sea Basin in the purpose of Ecological safety // Water resource. – 2000. – P. 109–113.

3. Nasrulin A., Lieth H. Elaboration of Systems Hydroecological Monitoring of Aral Sea Basin. – M. Matthies, H. Malchow & J. Kriz (eds.) Integrative Systems Approaches to Natural and Social Dynamics. – Berlin Springer-Verlag, ISBN 3-540-41292-1, appr. August 2001. – P. 249-261

4. Nasrulin A.B. Gidrojekologicheskie aspekty ispol'zovaniya GIS-tehnologij pri sozdanii sistem upravlenija vodnymi resursami bassejna Aral'skogo morja // Jekologicheskaja ustojchivost' i peredovye podhody k upravleniju vodnymi resursami v bassejne Aral'skogo morja: materialy Central'no-aziatskoj mezhdun. nauch.-praktich. konf. – Almaty, 2003. – S. 194–199.

5. Nasrulin A.B., Shaazizov F.Sh., Lieth H. Computer supported system for the risk assessment and action recommendation for the water objects

Uzbekistan based on the databank already developed // The first international symposium on Sabkha management: International conference on Biosaline agriculture and High salinity tolerance. – Tunis, 2006. – P. 72.

6. Mahmudov Je.D., Shaazizov F.Sh., Nasrulin A.B. Opyt ispol'zovanija GIS-tehnologij pri razrabotke kriteriev bezopasnoj jekspluatacii osobo krupnyh gidrotehnicheskikh sooruzhenij Respubliki Uzbekistan // Respublikanskaja nauchno-prakticheskaja konferencija «Razvitie vodnogo hozjajstva i melioracii respubliki Uzbekistan v period perehoda k rynochnoj jekonomiki»: sb. nauch. dokladov. – Tashkent, 2006. – S. 95–96.

7. Nasrulin A.B., Shaazizov F.Sh. Opyt razrabotki kriteriev sistemy gidrojekologicheskogo monitoringa na baze GIS-tehnologij dlja izuchenija prirodnyh i tehnogennyh processov, vlijajushhix na bezopasnuju jekspluataciju gidrotehnicheskikh sooruzhenij Uzbekistana // Analiz, prognoz i upravlenie prirodnyimi riskami v sovremennom mire: mat. 9-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «GEORISK–2015», Tom 1. – M.: RUDN, 2015. – S. 500–506.

8. Nasrulin A.B., Shaazizov F.Sh. Aktual'nye problemy proektirovanija gidrotehnicheskikh sooruzhenij rek bassejna Aral'skogo morja v kontekste global'nogo izmenenija klimata // XVII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencija «Vodnye resursy i landshaftno-usadebnaja urbanizacija territorii Rossii v XXI veke»: sb. dokladov, Tom 1. – Tjumen', 2015. – S. 108–113.

9. Nasrulin A.B., Rasulov U.R. Opyt razrabotki perspektivnyh sredstv ucheta vody dlja obespechenija jeffektivnogo ispol'zovanija orositel'noj vody irrigacionnyh sistem Uzbekistana // Vodnye resursy i vodopol'zovanie. – 2014. – № 10 (129). – S. 12–16.

10. Nasrulin A.B., Chembarisov Je.I., Lesnik T.Ju. Opyt ispol'zovanija GIS-tehnologij i metoda plastiki rel'efa pri izuchenii formirovanija i rezhima poverhnostnyh vod r. Amudar'i s uchetom gidrogeologicheskikh uslovij // Sovremennye metody i tehnologii v reshenii gidrogeologicheskikh, inzhenerno-geologicheskikh i geojekologicheskikh zadach: mat. respublikanskoy nauch.-tehnich. konf. – Tashkent: Institut GIDROINGEO, 2013. – S. 139–141.

#### *Information about the authors*

**Mukhammadiev Muradulla Mukhammadievich**, doctor in engineering sciences, professor, head of the Department of Hydraulics and Hydropower; Tashkent State Technical University; 2 Universitetskaya st, Tashkent, Republic of Uzbekistan, 100093; e-mail: Muxammadiev\_m@rambler.ru.

**Nasrulin Aidar Bulatovich**, doctor of philosophy in Geography, Senior Lecturer of the Department of Hydraulics and Hydropower; Tashkent State Technical University; 2 Universitetskaya st, Tashkent, Republic of Uzbekistan, 100093; e-mail: Nasrulin@mail.ru.

*Для цитирования:* Мухаммадиев М.М., Насрулин А.Б. Использование методики гидроэкологического мониторинга при анализе гидроэнергетических и ирригационных сооружений Узбекистана // Экология и строительство. – 2017. – № 3. – С. 10–16.

*For citations:* Mukhammadiev M.M., Nasrulin A.B. The use of hydroecological methods of monitoring for the analysis of hydropower and irrigation structures of Uzbekistan // Ekologiya i stroitelstvo. – 2017. – № 3. – P. 10–16.