

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ БАСЕЙНА Р. АМУДАРЬИ

**А.Б. Насрулин,
Э.И. Чембарисов,
Т.Ю. Лесник**

(Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем при Ташкентском институте ирригации и мелиорации, НИИВП при ТИИМ, г. Ташкент);

Р.Т. Хожамуратова

(Каракалпакский государственный университет им. Бедаха, г. Нукус)

Keywords: Water quality; Aral Sea Basin; environmental protection; hydrochemistry; hydroecological monitoring and modeling, ecological mapping.

Summary: Article about results of creation the computer support systems for hydroecological monitoring of the Aral Sea basin. The results of researches allow more really to estimate a hydroecological situation, the basic features of a technique are opened and to estimate influence of quality of water on an ecological and socio economic situation of region, that water security and water to economic organizations will help to plan and to predict ecological conditions in water an economic complex of the Aral basin with use of Geographical information system.

Цель многолетних исследований по развитию гидроэкологического мониторинга заключалась в анализе динамики стока и качества поверхностных вод бассейна р. Амударьи, а также установлении закономерностей легкорастворимых солей и загрязняющих веществ по длине реки и во времени.

В ходе исследований по блокам были решены следующие задачи:

- выявлены основные закономерности гидрохимической ситуации;
- установлены источники ухудшения качества воды;
- выполнен сопряженный анализ современного гидроэкологического состояния республики;
- разработаны методы картографирования гидрохимической ситуации в условиях дестабилизации природной среды;
- разработана система рекомендаций и практических мероприятий, направленных на улучшение гидроэкологической ситуации в республике [1, 2].

Большое значение для мелиоративных систем имеют два главных фактора – почвенное строение и водные ресурсы.

Почвенный покров бассейна р. Амударьи обогащает воду ионами, органическими веществами, изменяя химический состав поступающих грунтовых вод, фильтрует атмосферные осадки и т.д. Почвы на территории бассейна реки отличаются большим разнообразием, выделено шесть основных типов почвенных поясов: 1) пояс пустынных серо-бурых, такырных почв равнин, не играющих заметной роли в формировании стока рек бассейна; 2) пояс сероземных почв, равнинно-низкогорные пространства, занимающих юго-западную часть бассейна – Гиссарскую, Куляб-Пархарскую, Дангаринскую, Вахшскую, Сурханскую, Кашкадарьинскую, Шерабадскую долину и окружающие их горы и предгорья; 3) пояс горно-коричневых почв (среднегорья от 1,0 до 2,7 км), делятся на горно-коричневые карбонатные, светло-коричневые и типичные почвы; 4) пояс высокогорных степных и лугово-степных почв на территории Таджикистана; 5) пояс высокогорных пустынно-степных почв (от 3,2 до 4,5–4,8 км) Западного и Восточного Памира; 6) нивальный пояс (гребни высочайших горных хребтов).

Из всех поясов на химический состав воды больше всего влияет второй и частично третий почвенный пояс, содержащий наибольшее количество легкорастворимых солей.

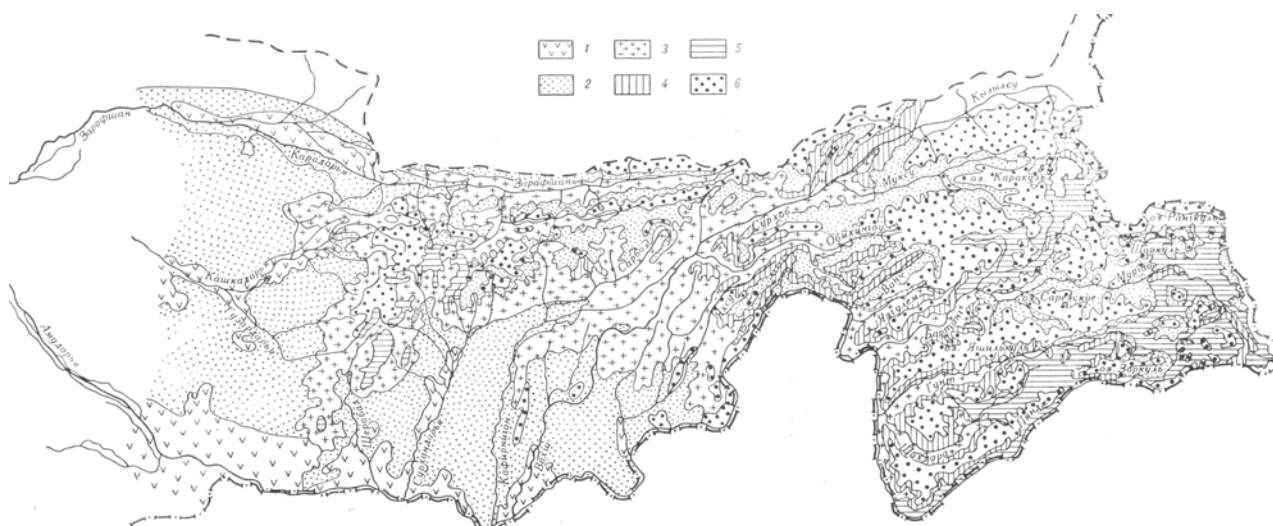


Рис. 1. Схематическая почвенная карта горной части бассейна Амударьи [3]:
 1 – почвы пустынь; 2 – пояс сероземов; 3 – горные коричневые типичные почвы;
 4 – высокогорные лугово-степные и степные почвы; 5 – высокогорные пустынно-степные
 и пустынные почвы; 6 – непочвенные образования

Почвы сероземного пояса (предгорных равнин, предгорий и низких гор) занимают в бассейне два крупных массива, разъединенных друг от друга горными хребтами. Один из них, наиболее крупный, занимает юго-западную часть бассейна – Гиссарскую, Куляб-Пархарскую, Дангаринскую, Вахшскую, Яван-Оби-Киикскую, Нижне-Кафирниганскую, Сурханскую, Шерабадскую, Кашкадарьинскую, Бишкентскую долины и окружающие эти долины горы и предгорья. Второй, меньший по размеру, находится в долине р. Зарафшан (долинная часть Пенджикентского района).

Антропогенные источники, влияющие на химический состав р. Амударьи, очень разнообразны. Практически любая человеческая деятельность на территории водосборного бассейна таит в себе угрозу прямого или косвенного воздействия на пространственно-временной гидрохимический режим. При этом антропогенные источники можно разделить:

- производственные сточные воды промышленных предприятий вдоль реки, которые сбрасывают свои стоки в коллектора, впадающие в Амударью;
- орошаемое земледелие, мощный фактор влияющий с древних времен, на природно-хозяйственный комплекс;
- водохранилища, увеличивают минерализацию за счет испарения, концентрируют в донных отложениях различные вещества, меняют гидрохимический состав и гидрорежим реки;
- коллекторно-дренажные воды мелиоративных систем;
- удобрения, ядохимикаты и частицы почвы, смываемые талыми и дождевыми водами с сельскохозяйственных полей;
- хозяйственно-бытовые сточные воды, тесно связанные с постоянно растущим населением;
- отвалы руд, шлака с месторождений полезных ископаемых, нефтедобывающая и газодобывающая промышленность, шахтные и рудничные воды;
- свалки мусора, скотомогильники;
- атмосферные осадки (кислые дожди, приносящие загрязняющие вещества промышленности), талые снеговые, дождевые воды из населенных пунктов.

По временному признаку они делятся на непрерывные и залповые сбросы загрязняющих веществ. По пространственному признаку выделяют сбросы точечные (можно определить местонахождение источника загрязнения), линейные (водный транспорт, грязный грунт на дне реки, в зонах рекреации), площадные (это склоновый сток сельскохозяйственных полей и атмосферные осадки с растворенными веществами).

Из перечисленных антропогенных факторов в работе рассмотрены самые главные: а) сельское хозяйство; б) промышленность; в) население.

Проведен также анализ коллекторно-дренажных вод (КВД) по всем коллекторам низовьев р. Амударьи, где, согласно данным исследований, наблюдается превышение ПДК по следующим ингредиентам: фенолы, медь, цинк, хром, хлорогенические пестициды. Наибольшее содержание загрязняющих веществ в годовом объеме наблюдается в феврале, июле-августе (например, в коллекторе ККС, весной и летом в коллекторах КС-1, КС-3, КС-4).

Изложенное позволяет сделать вывод о том, что из-за слабо развитой промышленности и низкой минерализации КДВ основная масса загрязняющих веществ поступает в р. Амударью из других областей, а из-за роста населения в городах ожидается увеличение поступления коммунально-бытовых сточных вод.

Изучение и понимание динамики химического состава загрязняющих веществ рек бассейна Аральского моря – ключевая цель гидроэкологического мониторинга. Характеристика законов, управляющих распределением загрязняющих веществ в поверхностной воде, может применяться для того, чтобы решить множество национальных экономических проблем. Эти проблемы включают оценку качества воды для питья и технических потребностей, планирование общественного и индустриального управления с решением водных вопросов для индустриальных комплексов и строительства, регулирование и перераспределение ресурсов рек, управление сельскохозяйственной эксплуатацией систем ирригации и водных бассейнов, используемых для рыболовства, оценку экологической ситуации для здравоохранения, и т.д.

Содержание гидроэкологического мониторинга представлено на блок-схемах [4], иллюстрирующих динамический подход нашего анализа систем от гидроэкологического мониторинга до создания систем поддержки решений [5, 6].

Положение постов мониторинга показано на гидроэкологической карте (рис. 2), большинство постов введено в интерактивную карту в виде таблиц, при этом использовались компьютерные программы, дополнительно использованы и развиты следующие методы:

- бассейновый метод для исследования поверхностных вод областей с аридным климатом, дополнен и улучшен;
- районирование распределения химического состава рек и коллекторно-дренажных вод бассейна р. Амударьи;
- предложены критерии для гидрологического районирования, с помощью которого выделены различные гидроэкологические районы в областях.

Перечень критериев гидроэкологического мониторинга приводится в таблице.

Обострение экологической ситуации в бассейне Аральского моря в значительной мере связано с влиянием сельскохозяйственной деятельности на природную среду. Оценка изменений, происходящих в результате этого воздействия, должна лежать в основе разработки системы рационального ведения сельского хозяйства и природоохранных мер. Экологическая оценка состоит в определении фактических и возможных изменений состояния природной среды, влияющих как на развитие самого сельского хозяйства, так и на условия жизни населения – здесь важное значение имеет проблема оптимизации мелиоративных систем.

Воздействие сельского хозяйства на окружающую среду значительно и многообразно. Существует множество методов вычисления и оценки разных аспектов этого воздействия и его опасности, но нет ни одного универсального. Сложностью подобных природных систем, подверженных влиянию многообразных естественных и антропогенных факторов, которые, в свою очередь, находятся в сложных взаимосвязях и взаимозависимостях, объясняется применение большого числа критериев и подходов к оценке экологической опасности. Однако, вне зависимости от природы и характера данных взаимосвязей, вместе они формируют некий набор конкретных экологических ситуаций, которые могут быть распознаны, классифицированы и ранжированы. Поэтому в нашей работе из множества существующих методов была выбрана система ArcView GIS, поскольку она наиболее универсальный инструмент для прогнозирования состояния водных объектов и подземных вод в связи с антропогенным воздей-

ствием и природными явлениями, использующий математические модели или, как теперь принято говорить, компьютерные информационные технологии.

Перечень критериев гидроэкологической напряженности

Название показателя	Формула	Величина показателя для бассейна р. Амударьи
коэффициент использования стока $W_{вз}$ – водозабор W_p – водоресурсы	$K_{и} = \frac{W_{вз}}{W_p}$	Сурхандарьинская область – 1.24 Каракалпакистан – 0.8
Полный химсостав на замыкающих створах с учетом загрязняющих ингредиентов	Количество ингредиентов, превышающих ПДК, степень их превышения	ств. Термез 6 шт (1,1-4) ств. Нукус 8 шт. (1,2-4)
Наличие ингредиентов I и II класса опасности	ств. Термез 1 класс - 1 шт. ств. Нукус 1 класс - 1 шт.	
Интегральный индекс загрязненности воды по средним значениям ПДК ств. Термез n= 7 и 6 ств. Нукус n= 8 и 10		ств. Термез 4,9 2,4 ств. Нукус 3,8 (1980-1984 гг.) 2,7 (1987-1991 гг.)
Интегральный индекс загрязненности воды по максимальным значениям ПДК ств. Термез n= 10 и 9 ств. Нукус n= 13 и 10		ств. Термез 9,57 (1980-1984 гг.) 5,4 (1987-1991гг.) ств. Нукус 9,26 (1980-1984 гг.) 6,1 (1987-1991гг.)
Показатели ухудшения здоровья человека По информационным бюллетеням гигиены, экологии и здоровья населения санитарно-эпидемиологической службы Минздрава Узбекистана Интенсивный показатель на 100 тыс. чел.	1. Смертность, общая и младенческая 2. Острые кишечные инфекции 3. Вирусный гепатит 4. Почечнокаменная болезнь 5. Желчнокаменная болезнь 6. Рак органов пищеварения 7. Кариес зубов	
S_j – коэффициент гидрохимической нагрузки территории, вызываемой коммунально-бытовым стоком	$S_j = L \cdot H_d \cdot s.$ $H_d \cdot s.$ – удельный вынос ингредиентов L – численность населения	

Кроме того, очевидно: чтобы результаты математического моделирования стали элементом механизмов поддержки принятия решений, они должны легко передаваться в ГИС. И, наоборот, необходимые данные из ГИС (например, количество загрязняющих веществ, форма русла реки, отметки поверхности земли, гидрогеологические данные и т.п.) должны распознаваться и импортироваться моделирующей системой для использования в расчетах. Важным моментом является и то, что математические модели для водных объектов должны разрабатываться профессионалами: гидрологами, гидрогеологами и гидротехниками, а профессиональные ГИС – профессионалами от ГИС-технологий. Когда удастся корректно увязать хорошую математическую модель и добротную ГИС, можно достичь максимального эффекта от результатов моделирования и расширить эффективную область применения ГИС. В данной научной работе представлен опыт работ по созданию ГИС для информационной поддержки принятия экологически значимых решений на уровне бассейна р. Амударьи (низовья реки – территория Каракалпакии и Сурхандарьинская область, включающая в себя небольшую часть р. Сурхандарья). В созданной карте экологического мониторинга бассейна Аральского моря были представлены гидрохимические данные за 1980–2010 гг., в двух фор-

мах, в виде диаграмм или таблиц, где можно получить результаты, нажимая «мышкой» компьютера на пункт наблюдения. На рисунке 2 показан пример цифровой карты гидроэкологического мониторинга.

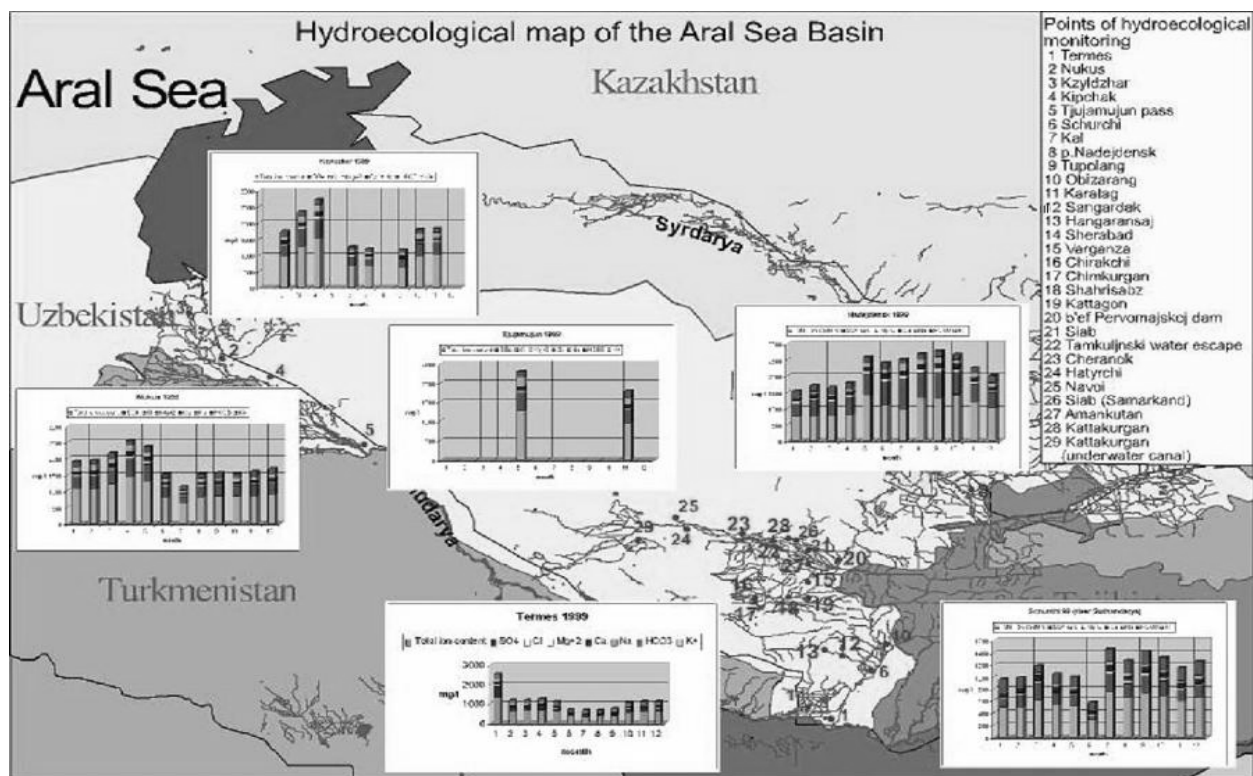


Рис. 2. Цифровая гидроэкологическая карта Узбекистана

На карте гидроэкологического мониторинга бассейна Аральского моря в форме гистограмм показаны 29 створов, выбранных как основные пункты, по которым можно обнаружить негативные тенденции по качеству вод Узбекистана. Специалисты природоохранных организаций по ним могут получить оперативную информацию по гидроэкологической ситуации в стране, а при использовании статистических программ – прогнозы качества воды, что даст возможность определить даже степень засоления почв. Объединенные в одну систему с ГИС-информацией по экосистемам и биоценозам, социоэкономическим, медико-гигиеническим и другим показателям, они позволят создать в будущем модели мелиоративных систем.

Метод «пластики рельефа» использовался для выделения особенностей речных бассейнов, он дает возможность выделить районы орошаемого земледелия, где почвы подвергаются опасности эрозии и эоловому выветриванию.

Для составления методики гидроэкологического мониторинга для изучения мелиоративных систем были проанализированы следующие показатели:

- превышение ПДК минерализации и главных ионов;
- превышение ПДК всех рассматриваемых ингредиентов;
- величина годового коллекторно-дренажного стока с ирригационных районов, тяготеющих к руслу р. Амударьи;
- оценена степень загрязнения речной воды по разработанной методике;
- показаны районы, отличающиеся по преобладающему фактору, вызывающему загрязнение (коллекторно-дренажные, промышленные, коммунально-бытовые воды).

При создании методики гидроэкологического мониторинга учитывали коллекторно-дренажные стоки и сточные воды промышленности. Использование математико-картографического моделирования и компьютерного банка данных сильно упрощает процесс районирования. Гидрохимические показатели подвержены колебаниям во времени, поэтому

карты составляют на основе осредненных многолетних данных с учетом гидрологических фаз (межень, половодье).

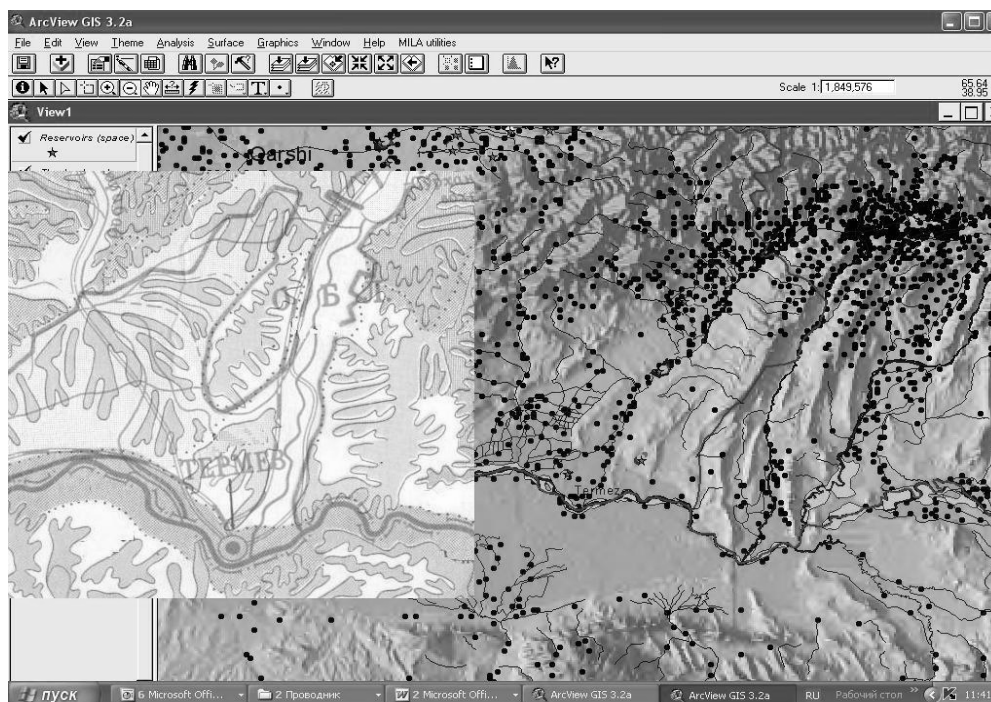


Рис. 3. Выделение речных бассейнов юго-запада Узбекистана и их частей методом «пластики рельефа» и ГИС-технологий

При создании методики гидроэкологического мониторинга использовали большинство ниже перечисленных методов:

- метод картодиаграмм, основанный на применении различного вида диаграмм, помещенных в определенных пунктах или на определенных площадях. Это линейные, площадные, структурные диаграммы, выражающие суммарную концентрацию компонента химсостава воды по отдельным речным бассейнам и в отдельных пунктах, где проводится мониторинг;
- метод качественного фона, когда картографируемую территорию делят на однородные участки;
- метод изолиний – применяется при наличии сплошного поля непрерывного плавного изменения свойств картографируемого компонента;
- метод внемасштабных знаков для изображения источников загрязнения, заболеваемости населения и так далее.

За основу гидроэкологического районирования принят комплексный бассейновый метод географо-галохимического анализа природно-мелиоративной обстановки, где учтено как влияние естественных факторов, так и антропогенные факторы [7, 8, 9].

Например, при использовании бассейнового способа расчета и анализа территории р. Амударьи ее разделили на три зоны:

1. Зона формирования солевого стока и его выноса. Это верховья реки Амударьи, слияние р. Вахш и Пяндж, фоновый район с минимальным антропогенным вниманием. Это в основном территория Таджикистана, где из-за сложной политико-экономической ситуации происходит снижение сбросов загрязняющих веществ промышленностью и сельским хозяйством и в ближайшее время не предвидится строительство крупных промышленных объектов.

Зона транзита – среднее течение р. Амударьи. Здесь отмечается уже более сильное антропогенное влияние – промышленности и сельского хозяйства Узбекистана и Туркмении, происходит постепенное ухудшение гидроэкологической ситуации в зависимости от мелиоративного состояния ирригационных систем.

Зона аккумуляции солей и других загрязняющих веществ – низовья реки. В прошлом этой зоной было Аральское море, позже, из-за уменьшения расходов воды р. Амударьи –

Приаралье. Здесь начинается негативное влияние на гидроэкологическую обстановку реки, проявляющееся в Хорезмской области, на территории Республики Каракалпакстан.

В комплексной системе развития также были учтены классификации, физико-географические, социально-экономические и демографические аспекты гидроэкологического мониторинга.

Выводы

Экологическая наука не может существовать без систематического мониторинга согласно определению Программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера». Под экологическим мониторингом понимают комплексную систему наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния биосферы под влиянием естественных и антропогенных факторов. Существуют различные типы экологического мониторинга: биомониторинг, геомониторинг, социомониторинг и т. д.

Авторами отдаются предпочтение гидроэкологическому мониторингу, поскольку он позволяет исследовать комплексно, с учетом многих компонентов. Вода – связующее звено биосферы, всего кругооборота биоценоза, но в то же время она сразу реагирует на антропогенное загрязнение, влияет на флору, фауну, население и сельское хозяйство.

Главной задачей гидроэкологического мониторинга является получение и анализ изменений геохимических, биологических, геофизических параметров окружающей среды, связанных с водными ресурсами, как основы для принятия решений по ее защите от негативных, главным образом антропогенных воздействий.

Литература

1. *Nasrulin A.* Hydroecological monitoring of the Aral Sea Basin in the purpose of Ecological safety // *Water resource*. 2000. № 1. P. 109–113.
2. *Насрулин А., Чембарисов Э., Лесник Т.* Опыт использования методики гидроэкологического мониторинга качества вод рек Узбекистана с использованием ГИС-технологий // *Эколог. вестн.* 2007. № 8. С. 21–23.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР, бассейн р. Амударья. Вып. 3. Т. 14. М.: Гидрометеиздат, 1971. С. 46–50.
4. *Насрулин А.Б.* Опыт создания географо-информационных систем в целях улучшения экологического и социально-экономического положения низовьев р. Амударья // *Известия Узбек. географ. общества*. Ташкент, 2005. Т. 25. С. 94–100.
5. *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*. Springer-Verlag Berlin. 2001. August. 249–261.
6. *Насрулин А.Б.* Опыт использования ГИС-технологий для оптимизации водопользования // *Современные проблемы развития рыночной экономики: материалы регион. науч.-практ. конф.* (Георгиевск, 17 нояб. 2011 г.). Ростов н/Д, 2011. С. 273–277.
7. *Насрулин А.Б.* Методика гидроэкологического мониторинга при создании информационных блоков системы поддержки решений для управления водными ресурсами бассейна реки Амударья // *К 80-летию САНИИРИ им. В.Д. Журина. 1925–2005: сб. науч. тр.* Ташкент, 2006. С. 334–341.
8. *Чембарисов Э.И., Насрулин А.Б., Лесник Т.Ю.* Методика гидроэкологического мониторинга оценки качества поверхностных вод // *Проблемы освоения пустынь*. 2005. № 1. С. 32–36.
9. *Чембарисов Э.И., Хожамуратова Р.Т.* Прикладная экология (на примере Республики Каракалпакстан). Нукус: Билим, 2012.