

МРНТИ 70.85.29

М.Н. Сенников<sup>1</sup> – основной автор, Ж. Сагин<sup>2</sup>, ©  
Т.Т. Толкынбаев<sup>3</sup>, Г.Е. Омарова<sup>4</sup>,  
С.М. Койбаков<sup>5</sup>, Ж.Е. Колбачаева<sup>6</sup>



<sup>1</sup>Д-р техн. наук, профессор, <sup>2</sup>PhD, профессор, <sup>3</sup>Д-р техн. наук, доцент,  
<sup>4</sup>Д-р техн. наук, профессор, <sup>5</sup>Д-р техн. наук, профессор, <sup>6</sup>Магистр

ORCID

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0003-4944-2128>; <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-0386-888X>;  
<sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0002-8549-3064>; <sup>4</sup><https://orcid.org/0000-0001-7776-6600>;  
<sup>5</sup><https://orcid.org/0000-0002-2786-0313>; <sup>6</sup><https://orcid.org/0000-0001-6950-1717>



<sup>1,3,4,5</sup>Таразский региональный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз,  
Республика Казахстан

<sup>2</sup>Университет Мичиган, Канада-США

<sup>6</sup>Университет Westminster, Англия



<sup>1</sup>[galiyaomar@mail.ru](mailto:galiyaomar@mail.ru)

<https://doi.org/10.55956/WUME3631>

## ОСОБЕННОСТИ ИНТЕГРИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ БАСЕЙНА РЕКИ ИЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС ТЕХНОЛОГИЙ

**Аннотация.** В статье представлены особенности интегрированного управления водными ресурсами в бассейне реки Или, получены результаты с применением методов математического моделирования и обработки с помощью специальных геоинформационных систем (ГИС).

**Ключевые слова:** математическое моделирование, бассейновая водная инспекция (БВИ), природообустройство, водообеспеченность.



Сенников, М.Н. Особенности интегрированного управления водными ресурсами бассейна реки Или с использованием ГИС технологий [Текст] / М.Н. Сенников, Ж. Сагин, Т.Т. Толкынбаев, Г.Е. Омарова, С.М. Койбаков // Механика и технологии / Научный журнал. – 2022. – №4(78). – С.113-120. <https://doi.org/10.55956/WUME3631>

**Введение.** В условиях дефицита водных ресурсов в аридных регионах Казахстана основным препятствием для ее эффективного и устойчивого управления на уровне бассейнов является слабый доступ и обмен информацией, а также взаимодействие между организациями-водопользователями. Очень часто БВИ имеет ограниченный доступ к необходимой информации. Вследствие этого, принятие необходимых управленческих решений затруднено. Все это связано с рядом необходимых аспектов: правовых, финансовых, организационных и технических, которые требуют неотлагательного решения [1].

Вопросы, связанные с информационной поддержкой при принятии необходимых решений, расстановки приоритетов в области использования и охраны водных ресурсов, водных объектов, в последнее время приобретают особое значение. Для решения поставленного вопроса базой является мониторинг исходных данных, собираемые различными ведомственными сетями, их обработка, анализ, оценка, прогноз ситуации водообеспеченности.

Решение данного вопроса невозможно без тесной межведомственной координации, своевременного внедрения современных информационных технологий, создание информационно-аналитической системы и базы данных географических информационных систем (БД ГИС), как базовой основы государственного управления водным фондом водохозяйственного бассейна [2].

**Методы и условия исследований.** В настоящее время существующие методы и процессы обмена и управления информацией в водном секторе бассейна слабо развиты и не всегда отвечают современным требованиям. В связи с этим, для комплексного решения вопроса прогнозирования с учетом ожидаемого года водообеспеченности необходимо использовать современную инновационную ГИС технологию, которая позволяет произвести многофакторный мониторинг, оценку и получить прогнозные показатели на ожидаемые кратко- и долгосрочные периоды исследования. При этом, важным фактором выбора основных направлений эффективного использования водных ресурсов и их воздействия на земельные угодья, в частности при орошении является климат. Климатические особенности исследуемого региона это соотношение тепла, влаги и определяющие возможную продуктивность растений, подбор районированных сельскохозяйственных культур, на основе которого создается оптимальный для растений режим тепла и влаги. Поэтому, тепловой баланс и условия увлажнения являются одним из важных показателей мелиорируемых регионов [3,4].

Основными показателями режима увлажнения являются атмосферные осадки - его количество и распределение, которые определяются особенностями изменения атмосферных процессов и характером расположения рельефа местности.

Орошаемые земли занимают особо важное место в сфере развития АПК, но в связи с глобальным потеплением последние годы произошли довольно резкие изменения (снижения) продуктивности мелиорируемых земель и урожайности сельскохозяйственных культур. Такое положение объясняется многими обстоятельствами произошедшие в регионе, ухудшением состояния сельскохозяйственных угодий, не рациональное использование водных ресурсов, которая привела к изменению всех основных свойств природных ландшафтов региона под антропогенным воздействием, ухудшения технического состояния мелиоративной сети и всей оросительной системы.

Оценка состояния орошаемых земель осуществляется исходя из современных требований природообустройство, позволяющая учитывать разнообразие природных и хозяйственных условий отдельных экономических регионов, т.е. рациональное использование и воспроизводство возобновляемых природных ресурсов. Оптимизация структуры ландшафтов обеспечивает комплексное сочетание и устойчивое ее функционирование при эколого-экономической стабильности природной среды, которая учитывает: соотношение тепла и влаги, структуру ландшафта; уровень устойчивости к техногенным воздействиям и загрязнения почв; водный, химический и биологические режимы почв; уровень естественного плодородия почв; интенсивность биологического и гидрологического кругооборота элементов в почвах; экологическая стабильность ландшафтов; стабильность сельскохозяйственного производства [1,2].

Для ускорения процесса сбора, анализа, оценки и прогнозирования на ожидаемые промежутки времени необходимо использовать современную инновационную ГИС-технологии (рис. 1) [4].



Рис. 1. Структура многофакторного сбора и анализа данных на основе БД ГИС

С использованием ГИС технологии были получены прогнозные данные местности, которая обеспечивают возможность их использования при моделировании инженерных водохозяйственных объектов и прежде всего для визуализации сеточных моделей на электронных картах. При этом, основным направлением повышения эффективности при решении водохозяйственных вопросов является разработка проблемно-ориентированных средств автоматизации, подготовка и редактирование полученных данных описывающие моделируемые объекты и развивающиеся в них процессы изменения динамики и качества.

Базовыми принципами организации в ГИС моделей пространственных данных является послойная организация информации. Данный принцип работы при хорошем соотношении с приемами традиционной картографии дает возможность создания серии тематических слоев отвечающих необходимым запросам. Эти тематические слои объединяют пространственно-тематические объекты, которые образуют некоторые тематические слои и позволяют путем наложения тематических слоев создавать искомые модели реального положения прогнозной водообеспеченности орошаемых земель исследуемого региона [1].

**Результаты исследований.** В этой связи были проведены исследования на территории бассейна реки Или, получены многофакторные исходные данные, произведен учет, анализ и обработка полученных показателей стока реки Или. Все полученные данные были введены в БД ГИС, которая позволила получить прогнозные показатели запасов водных

ресурсов на кратко- и долгосрочные периоды исследования для различного года водообеспеченности (табл. 1) [2].

Таблица 1

Параметры годового стока бассейна р. Или

Исследуемый регион	Приток речных вод бассейна реки Или		
	50%	75%	95%
Верхнеилийский	11799	0742	7788
Нижнеилийский	-	-	-
По бассейну реки Или с притоками	11799	0742	7788
	Сток формирующийся на территории реки Или		
Верхнеилийский	5939	5078	4239
Нижнеилийский	322	221	153
По бассейну реки Или с притоками	6257	5311	4369

Полученные многолетние атрибутивные показатели исследуемого региона на основе проведения оверлейных процессов позволили произвести мониторинг основных данных природно-климатических показателей и определить поправочные коэффициенты бассейна р. Или (табл. 2, рис. 2) [1-3].

Таблица 2

Показатели многолетних наблюдений метеостанции Баканас

Толщина м/с	Годы исследования (1990 – 2020)																						
	9,8	9,8	9,9	8,9	10	10,2	10,7	10,8	10,9	10,9	10,9	11	11	11,2	11,2	11,3	11,4	11,5	11,6	11,7	217,6	10,8	

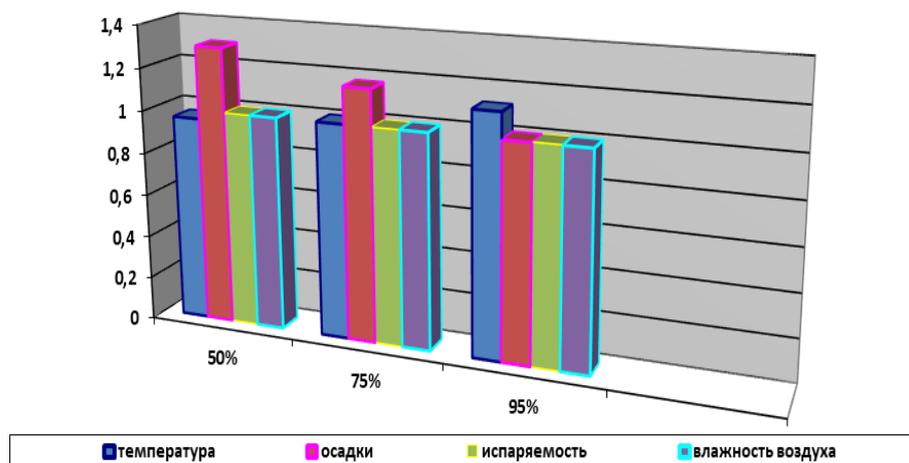


Рис. 2. Определение поправочных коэффициентов климатических показателей

На основе полученных и обработанных данных можно провести зонирование и районирование территории бассейна реки Или и создать тематические карты с учетом климатических особенностей исследуемого региона.

На основе полученных данных о заборе воды на нужды местной инфраструктуры необходимо учесть нормативные показатели, например, промышленности ориентировочно принимаются в пределах 10-15% от хозяйственно-питьевых нужд населения. По расчету средняя по бассейну фактическая норма водопотребления на одного жителя с учетом особенностей региона принимается в пределах 132 л/сут на человека, в том числе:

- 42,0 – коммунально-бытовое;
- 6,3 – местная промышленность;
- 42,0 – животноводство на стойловом содержании;
- 20,0 – полив приусадебных участков;
- 22,0 – потери и неучтенные расходы.

На основе полученных расчетных данных установлено, что суммарный объем воды для сельскохозяйственного водопотребления в населенных пунктах и на пастбищах к 2020 году достиг 28,824 млн. м<sup>3</sup>, по сравнению с 2010 годом возросло в 21 раз и это вызвано намечаемым улучшением социально-бытовых условий жизни на селе и значительным ростом поголовья скота.

Полученные сводные данные по забору воды на нужды сельхозводоснабжения, обводнения пастбищ и водоотведения приведены в таблице 3, динамика роста водопотребления приведена на рисунке 3 [1,2].

Таблица 3

Сводные данные по забору воды на нужды сельскохозяйственного водоснабжения и обводнению пастбищ (млн.м<sup>3</sup>)

Водопотребители	Расчетные уровни (годы)	Всего забрано	В том числе		Безвозвратное водопотребление
			поверхностные	подземные	
Сельскохозяйственное водоснабжение	2015	18,04	0,0	18,04	18,04
	2020	19,319	0,0	19,319	19,319
Обводнение пастбищ	2015	8,772	0,0	8,772	8,772
	2020	9,505	0,0	9,505	9,505
Всего с/х водоснабжение и обводнение пастбищ	2015	26,812	0,0	26,812	26,812
	2020	28,824	0,0	28,824	28,824

Расчетные показатели водопотребления необходимые на нужды орошаемого земледелия складывается из потребностей в поливной воде регулярного и лиманного орошения, и составил 1111,33 млн. м<sup>3</sup>.

Из общего объема водопотребления на регулярное орошение забор составил 1072,93 млн. м<sup>3</sup> (в том числе из поверхностных источников 1072,93 млн. м<sup>3</sup>/год), оставшийся объем 38,4 млн. м<sup>3</sup> это нужды лиманного орошения.

Объем безвозвратного водопотребления регулярного орошения в целом по бассейну составит в среднем порядка 100% от полного водопотребления.

На объемы безвозвратного водопотребления оказывают влияние возвратные воды с орошаемых площадей, в формировании которых помимо технического состояния оросительных систем существенную роль играет их распределение по отношению к водоисточнику и соотношение орошаемых и богарных земель.

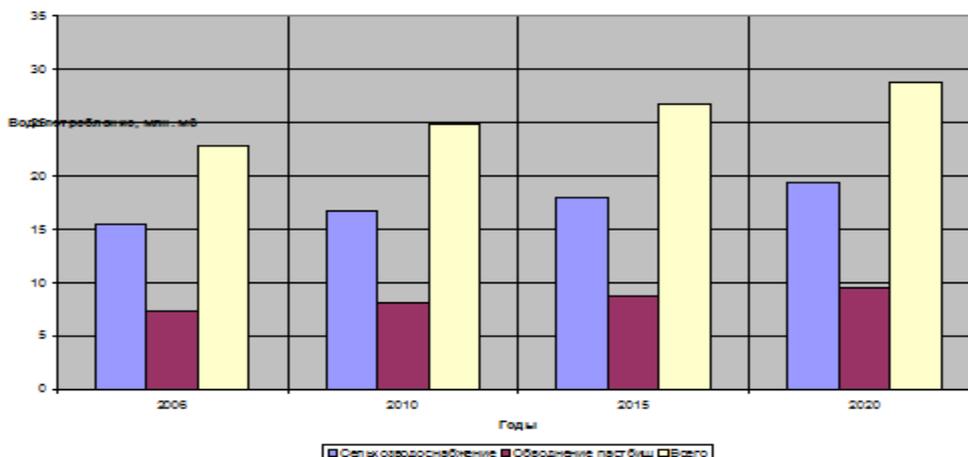


Рис. 3. Динамика роста водопотребления

Таблица 4

Суммарные объемы водопотребления орошаемого земледелия

Наименование	Уровни развития	
	2015 г.	2020 г.
Всего в бассейне р. Или, в т.ч.:	1077,05	1111,33
- регулярное	1039,65	1072,93
- лиманное	38,4	38,4

Безвозвратное водопотребление регулярного орошения в исследуемом бассейне приведены в таблице 5 по годам, где учтены потери из подающего канала внутривозвратной сети (с учетом КПД).

Таблица 5

Безвозвратное водопотребление регулярного орошения

Уровни развития (годы)	Расчетное водопотребление	Потери из подводящей сети		Безвозвратное водопотребление	
		%	млн. м³	млн. м³	% от полного водопотребления
2015	1039,5	5	52,0	1039,5	100
2020	1072,93	5	53,65	1072,93	100

Безвозвратное водопотребление лиманного орошения в бассейне равно полному водопотреблению и в целом должно составить около 38,4 млн. м³.

**Обсуждение результатов.** Из полученных данных можно сделать следующие выводы, что на основе полученных многофакторных природно-климатических показателей региона был произведен комплексный анализ показателей исследуемого региона. В горной зоне по сравнению с предгорными и равнинными зонами биологический и гидрологический кругооборот происходит достаточно интенсивно. Плодородие почвы и водообеспеченность в исследуемом регионе зависит от благоприятности климата, биологической

продуктивности с затратами энергии на почвообразовательный процесс совместно с показателями увлажнения. Проанализированы показатели по забору воды на нужды сельскохозяйственного водоснабжения и обводнению пастбищ, безвозвратное водопотребление регулярного орошения.

В целом, в связи с последними климатическими изменениями запасы поверхностных водных ресурсов с каждым годом уменьшаются и для обеспечения потребности экономики региона необходимо использовать ресурсо- и водосберегающие технологии орошения. А также при необходимости дополнительно использовать возможности подземных вод региона. Обеспеченность рассматриваемой территории подземными водами неравномерна. Для хозяйственно-питьевых целей разведано 23 месторождения подземных вод. Запасы пресных подземных вод оцениваются в 806,5 млн.м<sup>3</sup> в год, в том числе с минерализацией до 1 г/дм<sup>3</sup> - 757,2 млн. м<sup>3</sup>/год.

**Заключение.** Из анализа полученных данных можно сделать следующие выводы:

- комплексная и многофакторная прогнозная оценка на основе базы данных ГИС исследуемых регионов позволяет повысить уровни рационального использования водо-земельных ресурсов и учесть возможность преобразования природной среды бассейнов рек, которая во многом зависит от географического расположения орошаемых земель;

- при этом регулировать биологические и гидрологические кругообороты для поддержания экологической обстановки региона. Полученные результаты позволяют определить предельные границы изменения показателей водообеспеченности в зависимости от ожидаемого года водообеспеченности;

- возможности расширения пашни и посевных площадей сельскохозяйственных культур весьма ограничены. Резервом расширения пашни являются только неосвоенные залежи и земли запаса, также восстановление орошаемой пашни на площади примерно 76,64 тыс. га.

В целом, реализация мероприятий по мелиорации земель будет основываться не на строительстве новых, а на восстановлении ранее действовавших мелиоративных сооружений с учетом объемов производства и ассортимента овощных культур востребованных на сельскохозяйственном рынке.

#### Список литературы

1. Кудекова, Т.К. Современное экологическое состояние бассейна озера Балхаш [Текст] / Т.К. Кудекова. – Алматы: «Канат», 2002.
2. Омарова, Г.Е. Методологические основы ресурсосберегающих технологий орошения сельскохозяйственных культур с использованием ГИС [Текст]: монография. – Тараз: «Тараз университет», 2015.
3. Сенников, М.Н. Многофакторный мониторинг и регулирование стока трансграничных рек Казахстана [Текст] / М.Н. Сенников, Г.Е. Омарова [и др.] // «Молодые исследователи регионам». Междунар. научн. конф. Т.1. – Вологда: ВолГАУ, 2014.
4. Сенников, М.Н. Регулирование стока трансграничных рек Казахстана на основе материалов мониторинга [Текст] / М.Н. Сенников, Г.Е. Омарова [и др.] // «Наука и современность-2015» респ.научн.-практ. конф. Т.3. – Тараз, 2015.
5. Назаров, Ш. [?] / [Текст]: магистерская диссертация / Ш. Назаров. – Тараз, 2017.

*Материал поступил в редакцию 16.05.22.*

М.Н. Сенников<sup>1</sup>, Ж. Сагин<sup>2</sup>, Т.Т. Толкынбаев<sup>1</sup>, Г.Е. Омарова<sup>1</sup>,  
С.М. Койбаков<sup>1</sup>, Ж.Е. Колбачаева<sup>3</sup>

<sup>1</sup>М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Тараз қ., Қазақстан

<sup>2</sup>Мичиган университеті, Канада-АҚШ

<sup>3</sup>Westminster Университеті, Англия

#### ІЛЕ ӨЗЕНІ БАСЕЙНІНІҢ СУ РЕСУРСТАРЫН ГАЖ ТЕХНОЛОГИЯНЫ ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП БІРЛЕСЕ БАСҚАРУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

**Аңдатпа.** Іле өзені бассейнінде су ресурстарын бірлесе басқаруды жүргізу, математикалық модельдеу әдістерін қолдана отырып, нәтижелер алу және ГАЖ технологияның арнайы бағдарламаларының көмегімен өңдеу ерекшеліктері ұсынылған.

**Тірек сөздер:** математикалық модельдеу, бассейндік су инспекциясы (BVI), табиғатқа орналастыру, сумен қамтамасыз ету.

M.N. Sennikov<sup>1</sup>, Zh. Sagin<sup>2</sup>, T.T. Tolkynbaev<sup>1</sup>, G.E. Omarova<sup>1</sup>,  
S.M. Koibakov<sup>1</sup>, Zh.E. Kolbachayeva<sup>3</sup>

<sup>1</sup>M.Kh. Dulaty Taraz Regional University, Taraz, Kazakhstan

<sup>2</sup>University of Michigan, Canada-USA

<sup>3</sup>Westminster University, England

#### FEATURES OF INTEGRATED WATER MANAGEMENT OF THE RIVER BASIN USING GIS TECHNOLOGIES

**Abstract.** Features of integrated water resources management in the Ili river basin, obtaining results using methods of mathematical modeling and processing using special GIS technology programs are presented.

**Keywords:** Geographic Information Systems (GIS) database, software products, mathematical modeling, basin water inspection (PWI), environmental management, water supply.

#### Reference

1. Kudekova T.K. Sovremennoye ekologicheskoye sostoyaniye basseyna ozera Balkhash [Current ecological state of the Balkhash lake basin]. - Almaty: "Kanagat", 2002. [in Russian].
2. Omarova G.E. Metodologicheskkiye osnovy resursosbergayushchikh tekhnologiy orosheniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur s ispol'zovaniyem GIS [Methodological foundations of resource-saving technologies for irrigation of agricultural crops using GIS]: monograph. - Taraz: "Taraz University", 2015. [in Russian].
3. Sennikov M.N., Omarova G.E. Mnogofaktornyy monitoring i regulirovaniye stoka transgranichnykh rek Kazakhstana [Multifactorial monitoring and regulation of the runoff of transboundary rivers of Kazakhstan] // Young Researchers to the Regions. Intern. scientific conf. V.1. - Vologda: VolGAU, 2014. [in Russian].
4. Sennikov M.N., Omarova G.E. Regulirovaniye stoka transgranichnykh rek Kazakhstana na osnove materialov monitoringa [Regulation of the runoff of transboundary rivers of Kazakhstan based on monitoring materials] // "Science and modernity-2015" Republican scientific-practical. conf. V.3. – Taraz, 2015. [in Russian].
5. Nazarov, Sh. [?]: master's thesis. – Taraz, 2017. [in Russian].