

УДК: 628.1/.3:502.55(571.58)

**CURRENT ISSUES OF INTEGRATED ANALYSIS OF POLLUTION AND SUSTAINABLE
MANAGEMENT OF WATER RESOURCES IN THE ILEK RIVER BASIN****Zholmuratova G.,
Kapsalyamov B.,
Berdesheva G.,
Kystaubaeva Z.****АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИНТЕГРИРОВАННОГО АНАЛИЗА ЗАГРЯЗНЕНИЯ И
УСТОЙЧИВОГО УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ В БАСЕЙНЕ РЕКИ ИЛЕК****Жолмуратова Г.С.,
Капсалимов Б.А.,
Бердешева Г.А.,
Кыстаубаева З.К.**<https://doi.org/10.5281/zenodo.10138815>**Abstract**

This research has focused on the assessment of water quality in the Illek River basin, a transboundary water resource shared between Kazakhstan and the Russian Federation. The study highlights the significant pollution caused by industrial emissions, municipal sewage, and other factors, particularly with regards to the presence of boron and hexavalent chromium in the water. The environmental consequences of this pollution have been found to adversely affect both the natural environment and human health.

Effective measures for water purification and ecosystem restoration have shown promise, yet further efforts are required to ensure long-term sustainability and minimize cross-border impact. A sustainable water resource management strategy should encompass preventative measures to curtail ongoing pollution and optimize the use of water resources for agricultural and potable water supply.

Collaboration among diverse stakeholders, including governmental bodies, industrial enterprises, and civil society organizations, is paramount for the successful implementation of water resource recovery and management initiatives. Furthermore, long-term sustainable development strategies are crucial to safeguard water resources and protect the environment for future generations.

In conclusion, it is imperative to undertake comprehensive actions to rehabilitate and safeguard water resources within the Illek River basin.

Резюме

Данное исследование сосредоточено на оценке качества воды в бассейне реки Илек, трансграничном водном ресурсе, разделяемом между Казахстаном и Российской Федерацией. Исследование подчеркивает значительное загрязнение, вызванное промышленными выбросами, муниципальными сточными водами и другими факторами, особенно наличием бора и шестивалентного хрома в воде. Установлено, что этот вид загрязнения негативно влияет как на природную среду, так и на здоровье человека. Проведение эффективных мероприятий по очистке вод и восстановлению экосистемы демонстрирует некоторый потенциал, однако требуются дополнительные усилия для обеспечения долгосрочной устойчивости и минимизации трансграничного воздействия. Стратегия устойчивого управления водными ресурсами должна включать профилактические меры для прекращения продолжающегося загрязнения и оптимизации использования водных ресурсов для сельского хозяйства и питьевого водоснабжения.

Сотрудничество разнообразных заинтересованных сторон, включая правительственные органы, промышленные предприятия и общественные организации, играет ключевую роль в успешной реализации мероприятий по восстановлению и управлению водными ресурсами. Более того, стратегии долгосрочного устойчивого развития имеют важное значение для защиты водных ресурсов и окружающей среды для будущих поколений. В заключение, необходимо предпринять всеобъемлющие меры по восстановлению и защите водных ресурсов в бассейне реки Илек.

В современном мире наблюдается усиление экологических проблем, связанных с загрязнением водных ресурсов. Бассейн реки Илек не исключение, и сталкивается с интенсивным воздействием различных источников загрязнения, включая промышленные сбросы и коммунальные стоки. Это приводит к серьезным негативным последствиям для природной среды и здоровья человека и, следовательно, требует немедленного исследования и принятия конкретных мер для улучшения ситуации. Интегрированный анализ данной темы приобретает важное значение, поскольку он позволяет

охватить всю сложность и многообразие проблемы. В таком анализе учитываются источники загрязнения, характер загрязнений, его воздействие на экосистему и здоровье людей. Только такой подход может обеспечить комплексное понимание и эффективное решение данной проблемы. Важно отметить, что в современном контексте управление водными ресурсами становится более сложным и требует учета долгосрочной устойчивости. Необходимо разрабатывать стратегии, которые не только устраняют загрязнение, но и поддерживают

стабильное и устойчивое использование водных ресурсов в будущем. Это важно для обеспечения потребностей сельского хозяйства, питьевого водоснабжения и сохранения водных экосистем для будущих поколений. Таким образом, интегрированный анализ загрязнения и устойчивого управления водными ресурсами в бассейне реки Илек и меры по восстановлению и охране экосистемы являются важным исследованием для решения современных экологических и водных проблем, а также будет способствовать разработке практических стратегий управления водными ресурсами с учетом устойчивости и восстановления экосистемы бассейна реки Илек.

Существенность проведения указанных исследований становится очевидной, если рассматривать ее в широком контексте, охватывающем не только территорию бассейна реки Илек, но и воздействие этой территории на прилегающие регионы, включая бассейны реки Урал и Каспийского моря. Особое внимание следует уделить уникальным экосистемам дельты реки Урал, которые обладают высоким природным и экологическим значением для местной флоры и фауны. Эта дельта является единственным в своем роде местом для нереста многих видов рыб, включая те, которые обитают в Каспийском море. [1], [2].

Казахстан сталкивается с серьезными гидрологическими вызовами, связанными с ограниченностью доступных водных ресурсов, их неравномер-

ным распределением по территории, значительными колебаниями в уровне воды в разные временные периоды и значительной степенью загрязнения. Актюбинская область обладает обширным водным потенциалом с наличием ряда крупных рек, включая Сагиз (510 км), Кобда, Эмба (712 км), Улькаяк (349 км), и Илек (623 км). Кроме того, на этой территории протекают также крупные реки, такие как Торгай (825 км), Ойыл (800 км), Жем (712 км), Ыргыз (593 км) и Ор (314 км), за исключением Торгая, все они берут свое начало в истоках Мугалжарских гор в центральной части области.

Для контроля качества поверхностных вод в Актюбинской области Республиканским государственным предприятием "Казгидромет" проводились наблюдения на 13 пунктах на 6 водных объектах, включая реки Елек, Каргалы, Эмба, Темир, Ор и озеро Шалкар (таблица 1).

При проведении анализа поверхностных вод взяты образцы воды для определения 42 физико-химических параметров, включая температуру, содержание взвешенных веществ, прозрачность, величину водородного показателя (рН), уровень растворенного кислорода, биохимическую потребность в кислороде (БПК₅), химическую потребность в кислороде (ХПК), концентрацию основных ионов в солевом составе, содержание биогенных элементов, органических веществ (включая нефтепродукты и фенолы) и наличие тяжелых металлов. Эти параметры играют важную роль при оценке качества воды и определении степени ее загрязнения.

Таблица 1.

Качество поверхностных вод Актюбинской области за 2021-2022 годы

Наименование водного объекта	Класс качества воды		Параметры	Концентрация за 2022 г., мг/дм ³
	2021 год	2022 год		
р. Илек	4 класс	4 класс	Аммоний-ион	1,252
			Магний	36,614
			Фенолы*	0,0015
			Взвешенные вещества	12,341
			Хром (VI)	0,081
р. Каргалы	4 класс	4 класс	Аммоний-ион	1,275
			Магний	41,154
			Фенолы*	0,0016
р. Эмба	4 класс	4 класс	Аммоний-ион	1,35
			Фенолы	0,0014
р. Темир	4 класс	4 класс	Аммоний-ион	14,1
			Взвешенные вещества	
			Фенолы	0,0022
р. Ор	4 класс	4 класс	Аммоний-ион	1,45
			Магний	30,1
			Фенолы	0,002
р. Актасты	4 класс	4 класс	Аммоний-ион	1,12
			Фенолы	0,0013
р. Косестек	4 класс	4 класс	Аммоний-ион	1,24
			Фенолы	0,0014
р. Ойыл	4 класс	4 класс	Аммоний-ион	1,91
			Магний	35,0
			Фенолы	0,0038
р. Улькен Кобда	4 класс	4 класс	Взвешенные вещества	14,98
			Фенолы	0,0017
р. Кара Кобда	5 класс	4 класс	Взвешенные вещества	17,01
р. Ыргыз	не нормируется (>5 класс)	4 класс	Свинец	0,054

Источник: РГП «Казгидромет».

Примечание. Характеристика классов водопользования представлена в разделе 3 «Водные ресурсы».

* - вещества для данного класса не нормируются

Из представленных в таблице 1 данных видно, что по сравнению с 2021 годом качество поверхностных вод в реках Кара и Кобда улучшилось, переходя с 5-го класса в 4-й класс, а река Ургыз перешла с классификации "выше 5-го класса" в 4-й класс. Однако, качество воды в реках Илек, Каргалы, Эмба, Темир, Орь, Актасты, Косестек, Ойыл и Улькен Кобда осталось существенно неизменным.

Наиболее распространенными загрязняющими веществами в водных объектах Актюбинской области являются аммоний-ион, магний, фенолы, хром

(VI) и взвешанные вещества. Также следует отметить, что в реке Илек было зарегистрировано 14 случаев высокого загрязнения хромом (VI) в течение 2022 года.

Эти данные свидетельствуют о необходимости принятия мер для улучшения качества воды в реках и снижения концентрации указанных загрязняющих веществ в целях охраны экосистем и обеспечения безопасности питьевой воды (рисунок 1).

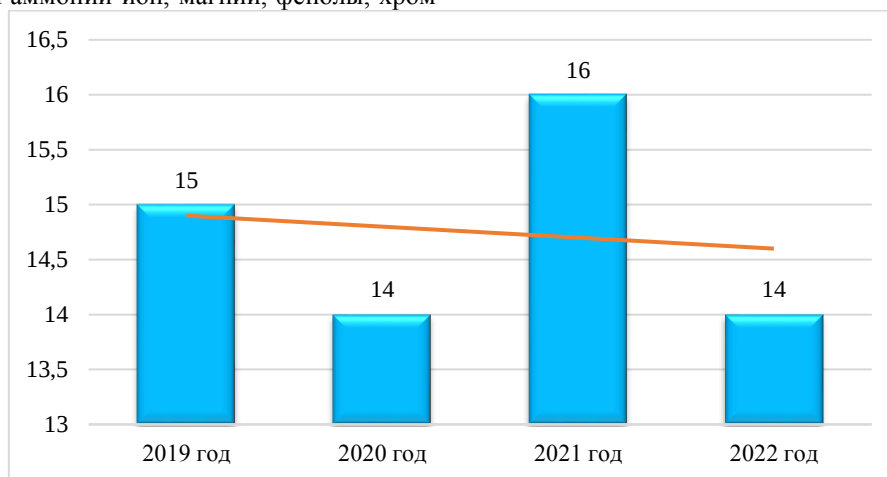


Рисунок 1. Случаи высокого загрязнения реки Илек хромом(6+) за 2019–2022 годы, ед. Источник: РГП «Казгидромет».

Загрязнение водных объектов хромом является историческим. Более подробная информация о результатах наблюдений за качеством поверхностных вод по гидрохимическим показателям размещена на сайте РГП «Казгидромет» [3].

Для решения проблем, связанных с сбросом сточных вод и строительством канализационных очистных сооружений (КОС) в районных центрах Актюбинской области, была проведена инвентаризация, результаты которой были переданы для включения в программу "Нұрлы жол" и Программу регионального развития Актюбинской области. В настоящее время, по заказу АО "КазЦентр ЖКХ", была разработана технико-экономическая оценка (ТЭО) для строительства канализационных очистных сооружений в городе Актобе. Также находится на стадии заключения договор на разработку ТЭО для строительства КОС с проектной компанией ТОО "Акварем" из города Караганда при финансировании Европейского банка реконструкции и развития (ЕБРР).

Исходя из изложенного, важно подчеркнуть, что в каждом населенном пункте необходимы очистные сооружения. Эти сооружения играют ключевую роль в предотвращении выбросов жидких отходов в окружающую среду, так как они обрабатывают стоки, образующиеся в результате деятельности промышленных и сельскохозяйственных предприятий, а также из жилых домов и общественных зданий.

Следует отметить, что река Илек, которая берет свое начало из родников Мугалжарских гор и является левобережным притоком реки Урал, подвергается воздействию загрязняющих веществ, как показано на карте-схеме распределения характерных загрязняющих веществ в воде реки Урал и ее притоков. Это подчеркивает необходимость внимательного контроля и управления качеством водных ресурсов в данном регионе, чтобы обеспечить их сохранение и защиту.



Рисунок 2. Карта-схема распределения характерных загрязняющих веществ в воде р. Урал и ее притоков в том числе и реки Илек

Река Илек, имеющая длину 623 км и самую большую водосборную площадь среди всех уральских притоков (более 41 тыс. км²), протекает через территории Актюбинской области Казахстана и Оренбургской области Российской Федерации. Этот бассейн подвержен значительным антропогенным воздействиям, вызванным деятельностью промышленных предприятий и населением. Промышленные предприятия вносят вклад в загрязнение воды соединениями тяжелых металлов и хлорорганическими пестицидами, в то время как население вносит мусор и отходы жизнедеятельности. Эти факторы совместно составляют мощный антропогенный фактор, оказывающий влияние на состояние экосистемы водосбора реки Илек.

Река Илек в течение длительного времени подвергалась загрязнению отходами бора с Алгинского химического завода и шестивалентного хрома с Актюбинского завода хромовых соединений. Эти загрязнения приводят к загрязнению реки Урал и, в конечном итоге, Каспийского моря. Кроме того, АО "Акбулак" сбрасывает в реку около 10 миллионов м³ недоочищенных сточных вод ежегодно из-за устаревших очистных сооружений, что приводит к превышению нормативов сброса и оплате штрафов [4]. Однако административные меры не приводят к улучшению ситуации [5].

Согласно исследованию [6], бор загрязняет поверхностные воды долины реки Илек. Здесь указывается, что ухудшение качества поверхностных и подземных вод происходит из-за исторических загрязнений и сбросов сточных вод предприятий химической, нефтеперерабатывающей, машиностроительной промышленности и цветной металлургии. Неравновесие между природной способностью восстановления и антропогенной нагрузкой является причиной загрязнения поверхностных вод. Это загрязнение также приводит к усилению заиливания рек и негативному воздействию на состав донных отложений, которые важны для экологических систем водных экосистем.

Ситуация обостряется тем, что концентрация бора в реке Илек резко повышается, а следовательно, и в Актюбинском водохранилище, которое служит источником водоснабжения для города Актобе и предоставляет ресурсы для рекреационной деятельности. Проблема загрязнения реки Илек бором актуальна и требует немедленного внимания

и решения, так как она влияет на водные ресурсы и экосистему в регионе.

Особую опасность представляет загрязнение подземных вод долины реки Илек шестивалентным хромом в промышленной зоне города Актобе. Это загрязнение началось после запуска завода хромовых соединений (АЗХС) в 1957 году из-за утечек технологических растворов и фильтрации стоков из шламовых прудов. Загрязнение шестивалентным хромом распространяется вниз по потоку грунтовых вод, а затем попадает в реку Илек и далее в реку Урал. Это влечет за собой экологические последствия в трансграничном масштабе, оказывая воздействие на водные экосистемы и водоснабжение в разных регионах. Авторы [7] установили, что содержание хрома в почвах и растениях в промышленной зоне города Актобе значительно превышало предельно допустимые концентрации.

Таким образом, проблема загрязнения водных ресурсов и окружающей среды в бассейне реки Илек является острой и требует всестороннего анализа, мер по регулированию и мониторингу, а также разработки мероприятий по охране и восстановлению экосистемы данного региона.

Известно, что хром является веществом с высокой токсичностью [8]. Воздействие металлической пыли хрома на органы дыхания может вызывать раздражение, в то время как соединения трехвалентного хрома способны вызывать дерматиты. Но наиболее опасным считается шестивалентный хром, который при вдыхании является канцерогеном [9]. В Европейском союзе использование шестивалентного хрома подвергается существенным ограничениям в соответствии с директивой RoHS [10]. Механизм транспортировки шестивалентного хрома в клетки человеческого организма осуществляется через сульфатный транспортный механизм, в связи с близкой структурой и зарядом к сульфатам. Трехвалентный хром, хотя и более распространен, не транспортируется в клетки. Внутри клеток Cr(VI) восстанавливается сначала до метастабильного пятивалентного хрома (Cr(V)), а затем до трехвалентного хрома (Cr(III)). Когда трехвалентный хром присоединяется к белкам, это создает гаптены, способствующие активации иммунной реакции. После образования гаптенных чувствительность к хрому остается. В данном случае даже контакт с

хромсодержащими красками на текстильных изделиях или с кожей, обработанной хромом, может вызывать раздражение кожи. Витамин С и другие агенты могут взаимодействовать с хроматами, приводя к образованию Cr(III) внутри клеток [11]. Таким образом, продукты окисления шестивалентного хрома являются генотоксинами и канцерогенами. Долгосрочное вдыхание соединений шестивалентного хрома увеличивает риск заболеваний верхних дыхательных путей и рака легких. Поскольку легкие обладают большим количеством мелких капилляров, они наиболее уязвимы для таких воздействий. Очевидно, механизм генотоксичности запускается пяти- и трёхвалентным хромом.

Заключение

"В свете представленных данных, следует подчеркнуть, что контроль за качеством воды реки Илек является важной задачей как Министерства энергетики Республики Казахстан, так и Правительства Оренбургской области. Данные гидрохимических анализов, проведенные РГП «Казгидромет», свидетельствуют о высоком уровне загрязнения поверхностных вод реки Илек в результате содержания в ней значительных концентраций таких опасных загрязняющих веществ, как бор и шестивалентный хром. Кроме того, РГП установило случаи серьезного загрязнения реки Илек шестивалентным хромом, где концентрация превышала норму в более чем 10 раз. Научно-исследовательский мониторинг подземных вод, проводимый ГУ «Запказнедра», также показал, что содержание хрома на участке загрязнения значительно превышает установленные нормы, достигая более 200 мг/литр. К сожалению, с 2019 года данный мониторинг не проводится из-за отсутствия финансирования.

Учитывая, что источником загрязнения является АО «Актюбинский завод хромовых соединений», для предотвращения дополнительного загрязнения в рамках природоохранных мероприятий (ППМ) год от года проводятся работы на станции локализации по добыче подземных вод, загрязненных шестивалентным хромом. На территории АО размещено 10 перехватывающих скважин, из которых год от года выкачивается более 200 тысяч тонн подземных вод с высоким содержанием хрома шестивалентного. В основном, скважина №4 активно используется, где содержание хрома (VI) достигает 137 мг/литр, и в случае необходимости активируются дополнительные скважины №5, №3, и №2 с содержанием хрома шестивалентного в пределах 0,47 - 11 мг/литр.

Важно отметить, что в 2007 году проведены опытно-экспериментальные работы, направленные на ликвидацию загрязнения подземных вод реки Илек шестивалентным хромом. На тот момент было выделено 24,95 миллионов тенге из областного бюджета, и было разработано технико-экономическое обоснование (ТЭО) для проекта очистки бассейна реки Илек от шестивалентного хрома, что потребовало вложений в размере 8,0 миллионов тенге.

Долгосрочная перспектива показывает, что проведение научно-исследовательских и мониторинговых работ необходимо для непрерывного контроля и обеспечения эффективной борьбы с загрязнением реки Илек шестивалентным хромом. Вместе с этим, включение важных мероприятий в межправительственные документы по бассейну реки Урал и в программу «Жасыл даму» свидетельствует о приоритетности решения данной проблемы. Финансирование из различных источников и участие различных организаций гарантируют долгосрочную устойчивость стратегий управления водными ресурсами в бассейне реки Илек. Такие усилия нацелены на восстановление и сохранение экосистемы бассейна и снижение трансграничного воздействия на бассейн реки Урал и Каспийское море."

В результате исследования и анализа состояния водных ресурсов в бассейне реки Илек исходя из поставленных целей и задач можно сделать следующие

ВЫВОДЫ:

1. Идентификация источников загрязнения водных ресурсов позволила выявить значительное воздействие промышленных выбросов, коммунальных стоков и других факторов на химический состав загрязнений. Особое внимание уделялось проблемам связанным с бором и шестивалентным хромом.

2. Экологические последствия загрязнения водных ресурсов в бассейне реки Илек оказывают негативное воздействие на природную среду, включая поверхностные и подземные воды, растительный и животный мир, а также здоровье человека. Высокие уровни загрязнений представляют серьезную угрозу для экосистемы и общества.

3. Санитарные и экологические мероприятия по очистке вод и восстановлению экосистемы показали свою эффективность, однако необходимы дополнительные усилия для обеспечения долгосрочной устойчивости и снижения трансграничного воздействия.

4. Разработка стратегии устойчивого управления водными ресурсами включает в себя предотвращение дальнейшего загрязнения, оптимизацию управления водными ресурсами для сельского хозяйства и питьевого водоснабжения.

5. Сотрудничество между различными заинтересованными сторонами, включая правительственные органы, промышленные предприятия и общественные организации, является ключевым фактором для успешной реализации мероприятий по восстановлению и управлению водными ресурсами.

6. Для обеспечения долгосрочного устойчивого развития региона необходимо разработать стратегии, направленные на сохранение водных ресурсов и охрану окружающей среды для будущих поколений. Это важное условие для обеспечения благополучия и качества жизни населения региона.

7. Исходя из этих выводов, следует приложить усилия для реализации комплексных мероприятий, направленных на восстановление и охрану водных ресурсов в бассейне реки Илек.

Список литературы:

1. Программа развития рыбного хозяйства на 2021 – 2030 годы. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.gov.kz/memleket/entities/ecogeo/press/news/details/141320?lang=ru>. (дата обращения: 2.11.2023).
2. Михайлов А.В. Современное состояние ихтиофауны реки Илек Актюбинской области. Биологические науки. С 5-8.
3. (<https://www.kazhydromet.kz/ru/ecology/ezhemesyachnyy-informacionnyy-byulleten-o-sostoyanii-okruzhayuschey-sredy/2022>).
4. Илек загрязнён хромом и фекалиями, озёра Ирғиза высохли. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://diapazon.kz/news/43451-ilek-zagryaznjon-hromom-i-fekaliyami-ozjora-irgiza-vysohli>. (дата обращения: 2.11.2023).
5. Ежегодно в приток Урала Актобе сбрасывает 10 млн кубометров нечистот. Режим доступа: https://forbes.kz/news/2014/10/29/newsid_71545 (дата обращения: 2.11.2023)]
6. Pavlichenko L., Rysmagambetova A., Tanybayeva A.1, Solodova E., Rodrigo Ilarri J. Assessment of boron content changes in the surface water of the Ilek river valley (Aktobe, Kazakhstannews). OF the national academy of sciences of the Republic of Kazakhstan series chemistry and technology ISSN 2224-5286 Volume 5-6, Number 449 (2021), 53-60]
7. М.М. Даулетбаева, А.К. Таныбаева, Л.Н. Исмагулова, Г.А. Мұқанова, А.А. Рысмагамбетова.

Ақтөбе қаласының топырағы мен өсімдігіне хромның әсерін экологиялық бағалау. Хабаршы. География сериясы. No2 (65) 2022.

8. Хром / В. В. Бочкарев, А. В. Рошин, Э. К. Орджоникидзе, В. А. Пеккель // Большая медицинская энциклопедия : в 30 т. / гл. ред. Б. В. Петровский. — 3-е изд. — М. : Советская энциклопедия, 1986. — Т. 27 : Хлоракон — Экономика здравоохранения. — 576 с. : ил Хром / В. В. Бочкарев, А. В. Рошин, Э. К. Орджоникидзе, В. А. Пеккель // Большая медицинская энциклопедия : в 30 т. / гл. ред. Б. В. Петровский. — 3-е изд. — М. : Советская энциклопедия, 1986. — Т. 27 : Хлоракон — Экономика здравоохранения. — 576 с. : ил],

9. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans : [англ.] / WHO; International Agency for Research on Cancer. — Lyon : IARC, 1990. — Vol. 49 : Chromium, Nickel, and Welding. — [1]+677+[9] p. — ISBN 92-832-1249-5. — ISBN 978-92-832-1249-2. — ISSN 0250-9555].

10. Directive 2002/95/EC of the European Parliament and of the Council (PDF). Eur-lex.europa.eu. Дата обращения: 3 июля 2015. Архивировано 22 декабря 2008 года].

11. Salnikow, K. Genetic and Epigenetic Mechanisms in Metal Carcinogenesis and Cocarcinogenesis : Nickel, Arsenic, and Chromium : [англ.] / K. Salnikow, A. Zhitkovich // Chemical Research in Toxicology : журн. — 2008. — Vol. 21. — P. 28–44. — doi:10.1021/tx700198a. — PMID 17970581.