УДК 504.064.2:556.5 МРНТИ 87.15.91

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД БАССЕЙНА РЕКИ ЕЛЕК В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕХНОГЕНЕЗА

Ж.Г. Берденов[1] *PhD*, **Н.Б. Зинабдин**[1] *PhD*, **А.Е. Егинбаева**[1] *PhD*, **Г.Е. Мендыбаева**[2], **С.Р. Садвакасова**[1,3*] *к.г.н.*, **Е.Х. Какимжанов**[2] *PhD*

[1]*Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан*
[2]*Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан*
[3]*НАО «Информационно-аналитический центр водных ресурсов», Астана, Казахстан*
E-mail: saltik81@mail.ru

В статье представлен общий спектр антропогенных факторов, негативно влияющих на геосистемы бассейна реки Елек. Накопление химических элементов и их поступление в объекты окружающей среды являются результатом промышленной и сельскохозяйственной деятельности человека. В статье анализируются как природные, так и антропогенные факторы, которые негативно влияют на качественный состав поверхностных вод бассейна реки Елек. Основное внимание уделяется исследованию гидрологического режима реки Елек и ее крупных притоков на основе экспедиционных наблюдений, проведенных в 2024 году. Установлено, что геосистемы бассейна Елека уже на протяжении нескольких десятилетий подвержены значительному воздействию как естественных, так и техногенных факторов. В результате химических анализов проб поверхностных вод, отобранных на ключевых участках реки и ее притоков, была выявлена прямая корреляция между присутствующими в воде загрязняющими элементами и деятельностью техносферы. Особое внимание уделено загрязнению притоков реки Елек первого и второго порядка, расположенных в северо-восточной части бассейна. Исследование показало, что источниками тяжёлых металлов, попадающих в водоемы, являются горнодобывающая промышленность и геологоразведочные работы, проводимые в регионе. Для оценки уровня загрязнения воды был рассчитан индекс загрязнения воды (ИЗВ) как для реки Елек, так и для её основных притоков. На основе полученных данных сделан вывод, что несмотря на то, что большая часть водных объектов Актюбинской области в целом соответствует нормативам качества поверхностных вод, воды в среднем течении реки Елек попадают в категорию сильно загрязнённых. Это указывает на необходимость более детального и углубленного мониторинга их состояния для предупреждения дальнейшего ухудшения качества вод и разработки мер по снижению уровня загрязнения.

Ключевые слова: бассейн реки, гидрохимические показатели, геоэкологическое состояние.

Поступила: 25.08.2024 г.
DOI: 10.54668/2789-6323-2024-115-4-15-27

ВВЕДЕНИЕ

Загрязнение поверхностных вод биосферы относится к глобальным экологическим проблемам. В настоящий момент наблюдается интенсификация промышленного производства, приводящая к увеличению темпов загрязнения водных объектов, а также изъятию значительных объёмов пресной воды из окружающей природной среды. Согласно данным Всемирной метеорологической организации (ВМО), в настоящее время 3,6 миллиарда человек, что составляет около 46 % населения Земли, испытывают недостаток доступа к воде хотя бы один месяц в году (Доклад ВМО). Деятельность горнодобывающих предприятий оказывает значительное негативное влияние на окружающую среду, вызывая множество сложных и длительных последствий. Одним из основных факторов является разрушение природных ландшафтов, которое происходит при строительстве карьеров, шахт и других объектов инфраструктуры. Этот процесс сопровождается нарушением целостности

почвенного покрова, вырубкой лесов и уничтожением естественных мест обитания множества видов флоры и фауны, что приводит к их исчезновению или вынужденной миграции. Механические факторы, такие как вибрации, шума, а также интенсивное использование тяжелой техники, негативно влияют на животный мир и растительность, способствуя эрозии почв и изменению гидрологического режима территорий. Химико-технологические процессы, сопровождающие добычу, включают использование различных химических реагентов для извлечения металлов и минералов. Это приводит к загрязнению воздуха и водоёмов вредными выбросами и отходами, которые содержат тяжёлые металлы, кислоты и другие токсичные вещества. Кроме того, нарушение гидрологического баланса регионов, где ведётся добыча, может привести к изменению водного стока, осушению болот и рек, что существенно ухудшает экосистемы и негативно сказывается на водных ресурсах, которые могут стать непригодными для использования людьми и животными. Загрязнение вод тяжёлыми металлами и высокоминерализованными растворами часто приводит к накоплению этих вредных веществ в пищевых цепочках, что в долгосрочной перспективе угрожает здоровью как диких животных, так и человека. Складывание отходов горнодобывающей промышленности в виде шлаков и отвалов способствует образованию больших площадей токсичных территорий, которые трудно восстановить. Эти отходы могут просачиваться в грунтовые воды и отравлять их, создавая дополнительные риски для сельского хозяйства и снабжения питьевой водой. Таким образом, деятельность горнодобывающих предприятий несёт с собой многоуровневое и продолжительное негативное воздействие на окружающую среду, включая разрушение экосистем, загрязнение атмосферы, воды и почв, а также ухудшение условий для жизни и здоровья местного населения. (Александрова В.В., 2013).

Механическое воздействие связано с целым рядом земляных работ, проводимых во время добычи, складирования и транспортировки руды. Оно приводит к серьёзным изменениям окружающей среды, включая деформацию поверхности и разрушение микрорельефа, подтопление территорий и образование запруд на озёрах, а также частичное или полное уничтожение растительного покрова и нарушение структуры почвы. Зона воздействия этих изменений распространяется на значительные расстояния, и подтопление территорий вызывает изменение существующих природно-территориальных комплексов (Александрова В.В. и др., 2019).

Техногенез - внутренне закономерный процесс, в определенной мере изменяющийся под влиянием внешних факторов (Saket Dubey et. al., 2021; Berdenov Z. et. al., 2015). В настоящее время техногенез — это процесс, который на глобальном уровне практически неконтролируем и в современном геологическом контексте не управляется разумом и волей человека. Этот процесс протекает на различных иерархических уровнях, условно выделяемых как локальный, региональный и глобальный. Локальные процессы нам знакомы лучше, так как человек часто сознательно вмешивается в их ход и может изменять их направление. Однако взаимосвязи техногенных процессов на разных уровнях остаются слабо изученными (Лаврусевич А.А., 2015; Dzhanaleyeva K. et. al., 2017).

Большое влияние инженерная деятельность человека оказывает на экзогенные процессы, прежде всего - на речную сеть и эрозию (Beketova A. et. al., 2019). Применяется искусственное питание рек благодаря перебрасыванию воды из одной реки в другую и перераспределению стока реки во времени. Плотины, шлюзы и каналы приводят к регулированию как расходов, так и эрозионной деятельности рек. Для зарегулированных рек распространённое в современной геоморфологии представление о так называемой кривой равновесия по большей части теряет смысл. Немаловажный фактор оказывает геоэкологическое состояние поверхностных вод. Поверхностные воды являются одним из важнейших компонентов окружающей среды и их состояние, зачастую, оказывает решающее влияние на экологическую ситуацию в регионе (Krabbenhoft C.A. et. al., 2020).

Состояние поверхностных вод и

(Krabbenhoft C.A. et. al., 2020).

Состояние поверхностных вод и речной сток служит важной характеристикой геоэкологической обстановки территорий водосборных бассейнов, а знание химического состава вод и его изменения является необходимым условием выявления механизмов и масштабов взаимодействия между компонентами природной среды и объективной оценки геоэкологического состояния территорий региона (Ramazanova N.Y. et. al., 2018).

Выбор территории основывается на более полуторовековой истории антропогенного влияния на поверхностные воды бассейна реки Елек. Вот уже 70 лет поверхностные воды бассейна реки Елек загрязняются бором, более 50 лет – хромом, более 150 лет к ряду в русло реки сбрасываются канализационные стоки не только промышленных предприятий, но и всех населённых пунктов региона (Berdenov Zh., 2017).

Цель работы состояла в изучении показателей качества воды поверхностных водных объектов в зоне влияния техногенеза Актюбинской области с помощью лабораторных исследований, а также оценке экологического состояния водных источников по различным интегральным характеристикам загрязнённости поверхностных вод.

Территория исследования. Исследуемая территория относится к Жайык-Каспийскому водному бассейну. Гидрографическую сеть образуют река Елек с притоками 1-го порядка, впадающая в р. Жайык (Урал) и далее в Каспийское море (Джаналеева Г.М., 2010). Река Елек – левый приток реки Жайык (Урал), образуется слиянием рек Караганды (левая составляющая) и Жарык (правая составляющая) в 8 км к северу от железнодорожной станции Кандагаш. Впадает в р. Жайык слева на 1085-м км от ее устья, в Оренбургской области. Общая длина реки 623 км (от истока р. Жарык 699 км), площадь водосбора около 42 000 км^2 (рисунок 1). Река имеет двухстороннюю пойму, ширина в среднем течении от 0,4 до 1 км. Коэффициент извилистости по длине реки изменяется незначительно и составляет в среднем 1,5. Берега местами обрывистые, сложены суглинками и супесями. Дно песчаное и супесчаное, на отдельных участках песчано-галечное и суглинистое, местами слабо заиленное (Абдуллин А.А., 1994).

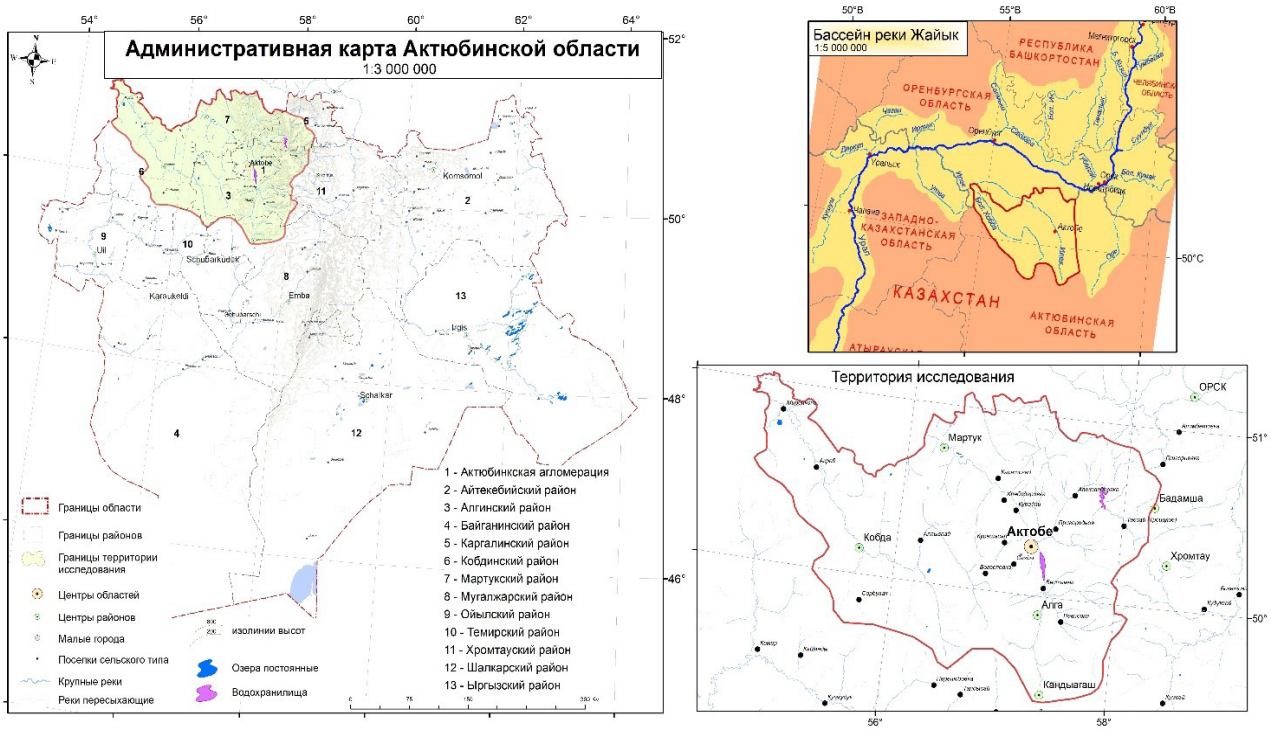


Рис. 1. *Гидрографическая сеть бассейна реки Елек*

Длина реки в исследуемой Актюбинской области 257 км. Основные притоки: правые – р. Коктюбе (длина 38 км), р. Табантал (длина 56 км), р. Каргала (длина 114 км), и левые – р. Сазды (длина 40 км), р. Таныберген (длина 58 км), р. Аксу (длина 42 км). Кроме перечисленных, река принимает ряд других притоков, длиной от 20 до 30 км, и много небольших, летом сухих балок (Berdenov Zh., et. al., 2016). Общее направление течения р. Елек до г. Актобе с юга на север, а затем на северо-запад. Водосбор располагается на западных отрогах Мугоджарских гор и гор Джарык-Тау, характеризуется сильно расчленённым рельефом. Притоки образуют довольно густую гидрографическую сеть. К гидротехническим сооружениям на реке Елек относятся Актюбинское, Каргалинское и Саздинское водохранилища, которые являются искусственными водоёмами многолетнего наполнения с сезонными сработками уровня воды (Информ.-аналит. отчет, 2012).

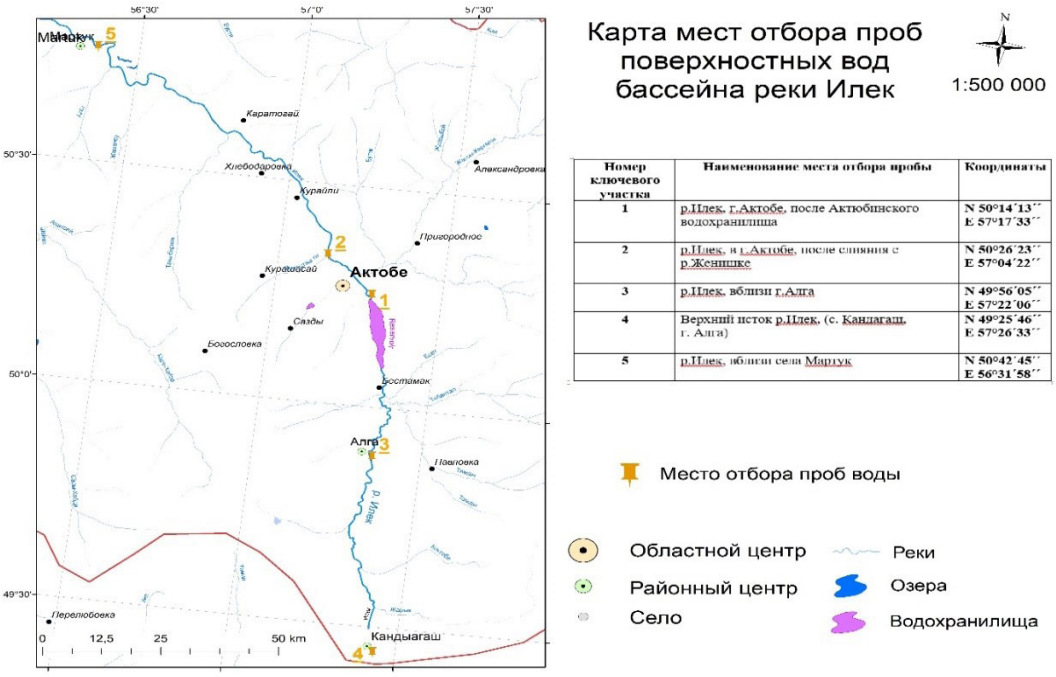
Одним из основных природных факторов, обеспечивающих вынос продуктов техногенеза из геосистем – является гидрологический и гидрогеологический фактор, появляющийся в период активизации деятельности водных потоков, поскольку их химический состав оказывает прямое воздействие на живые организмы (Низовцев В.А., 1999).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При сборе и анализе материалов использовались традиционные методы географических исследований (наблюдение, картирование, геохимический анализ проб поверхностных вод) (Safarov R. Z., et. al., 2020). В исследованиях проводился замер температурного режима реки, одного из важных экологических показателей. Температура поверхностных вод является результатом нескольких, одновременно протекающих, процессов, таких как: солнечная радиация, испарение, теплообмен с атмосферой, перенос тепла течениями, турбулентное перемешивание вод и др. Температура воды - важнейший фактор, влияющий на протекающие в водоеме физические, химические, биохимические и биологические процессы. От температуры воды в значительной мере зависят кислородный режим и интенсивность процессов самоочищения (Mariem Ben-Said, 2021). Важным показателем экологического состояния водоема, находящегося в условиях антропогенного воздействия, является концентрация в воде биогенных элементов. Это в первую очередь относится к минеральным соединениям азота и фосфора, как наиболее легко усвояемой фитопланктоном форме (Donghai Yuan, et. al., 2020). Для биогенных элементов характерна сезонная изменчивость, их содержание в воде тесно связано с вегетацией фитопланктона. В связи с чем в зимний период при снижении биомассы фитопланктона концентрация фосфора увеличивается, а летом наоборот – содержание потребляемого фитопланктоном фосфора снижается.

Отбор проб для дальнейших лабораторных исследований был выполнен в соответствии с действующими государственными стандартами (ГОСТ РК 51592 – 2003 «Вода. Общие требования к отбору проб»), и осуществлялся в летний период с 15 июля по 25 августа 2024 г. Для гидрохимического анализа вода была отобрана на расстоянии 30…40 см выше дна. С целью изучения состава вод рек пробы отбирались на удалении от берега, на расстоянии 50 см от поверхности.

Отбор проб поверхностных вод проводился по 5 ключевым участкам (рисунок 2) от истока до устья реки Елек, а также отбирались пробы в крупных притоках реки Елек (Каргалы, Танарберген, Жаксы Каргалы), для определения концентрации разбавления основной реки водами притоков. Анализы проб воды на анионные остатки выполнялись в лаборатории РГП «Казгидромет» (г. Актобе), анализы проб воды на тяжелые металлы в лаборатории ТОО «ИСТ-ЭКО». По результатам химического анализа производился расчет индекса загрязнения воды (ИЗВ) поверхностных вод притоков и основного русла реки Елек.



Номер ключевого участка	Наименование места отбора пробы	Координаты
1	р.Илек, г.Актобе, после Актюбинского водохранилища	N 50°14´13´´ E 57°17´33´´
2	р.Илек, и г.Актобе, после слияния с р.Женишке	N 50°26´23´´ E 57°04´22´´
3	р.Илек, вблизи г.Алга	N 49°56´05´´ E 57°22´06´´
4	Верхний исток р.Илек, (с. Кандагаш, г. Алга)	N 49°25´46´´ E 57°26´33´´
5	р.Илек, вблизи села Мартук	N 50°42´45´´ E 56°31´58´´

Рис. 2. *Карта ключевых участков (места отбора проб поверхностной воды)*

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Бассейн реки Елек располагается в горнодобывающих районах. В горнодобывающих и горно-перерабатывающих районах резко меняются специфика и интенсивность поступления химических элементов в водотоки. В непосредственной близости от предприятий поверхностные и подземные воды изменяют химический состав под влиянием техногенной нагрузки. В них происходит накопление сульфатов, тяжелых металлов и других компонентов, изменяется кислотность. Кислые воды несут повышенное содержание подвижных форм металлов и способствуют их миграции в сопряженные среды (Berdenov Zh., 2017).

В бассейне реки Елек формируется особая природно-техногенная геосистема, представляющая собой ассоциацию природных и техногенных элементов, функционирующих, как единая система. Техногенная составляющая подгеосистем изучаемых районов бассейна имеет длительную историю формирования, поэтому понимание условий интеграции окружающей среды и элементов техносферы здесь весьма актуально. Исследованию вопросов экологического состояния водных ресурсов Актюбинской области посвящено большое количество работ (Berdenov Zh., 2017; Чибилев А.А., 1992; Beketova, A., 2019; Джаналеева Г.М., 2010). Естественно-исторические процессы загрязнения территории подробно изучены в исторических документах и сводках (Нурышев Г.Ж., Омаров С.К., 2007).

Современным источником загрязнения вод являются промышленные предприятия и объекты коммунально-бытового назначения. Основные крупные населенные пункты расположены в основном вблизи водоемов, вследствие этого происходит загрязнение вод бытовым мусором, отходами животноводства и промпроизводства. Актюбинский деловой и культурный центр (г.Актобе) основан в 1869 году на берегу реки Елек (Berdenov Zh., 2017). Основными предприятиями-загрязнителями являются: Актюбинский завод хромовых соединений (АЗХС), Актюбинский завод ферросплавов АО «ТНК Казхром» (АЗФ), остановленное крупное химическое производство – Алгинский химзавод им. Кирова (в г. Алга), «Актобе ТЭЦ», «Акбулак», АО «Актюбрентген», АО «Актюбинский завод нефтяного оборудования», производство алкогольных напитков ТОО «Геом», ТОО «Омирбек», ТОО «Бахтияр», горнорудные предприятия северо-западной части крупных притоков реки Елек: «Актобе Темир ВС», «Кызыл-Каин Мамыт».

Общий спектр антропогенных факторов, воздействующих на бассейн р. Елек, достаточно широк. Ниже приведены основные виды техногенного воздействия, определяющие современное экологическое состояние Елекского бассейна в целом.

Влияние интенсивности движения транспортных средств. Непосредственная близость расположения металлургической промышленности: АЗХС, АЗФ, КазХром, Казцинк к водным объектам в г.Актобе, после слияния реки Илек с рекой Женишке наблюдается повышенная концентрация в поверхностных водах тяжёлых металлов на ключе № 2. Химический анализ показал резкое увеличение ПДК по Cr (в 3,85 раз), Pb (в 1,1 раз), Cu (в 8 раз), Fe (в 1,0 раз) (Постановление Правительства РК от 31.12.2016 № 908, 2016) (таблица №1), очевидно это связано с близким расположением реки Женишке к промышленной зоне, где возможна утечка отходов в поверхностные воды реки Женишке а также развитого транспортного узла.

Также превышение ПДК в несколько раз по Cu, (Постановление Правительства РК от 31.12.2016 № 908, 2016), более чем в 13 раз, наблюдаем на р.Елек в близи посёлка Алга на ключевом участке № 3 (таблица 1), очевидно это связано с развитой химической промышленностью и сельским хозяйством в данном регионе. Также по результатам химического анализа мы наблюдаем превышение ПДК по Pb на ключевом участке №1, очевидно, это связано с близким расположением аэропорта города Актобе.

Таблица 1

Средние концентрации загрязняющих веществ в р. Елек (по данным проб с ключевых участков за 2024 год)

Наименование места отбора пробы	Вероятные источники техногенеза	Химические элементы (превышение ПДК/раз)								
		B	Cr	Cu	Pb	Fe	Ni	БПК5	PO_4^{3-}	ИЗВ
Верхний исток р.Елек, (с. Кандагаш, г. Алга) ключ 4	Транспортный узел, месторождение стройматериалов	-	-	13	0,9	0,4	-	1,75	1,1	2,5
р.Елек, ключ 3, вблизи г.Алга	Химическая промышленность, сельское хозяйство	20,0	-	13	0,4	0,3	-	1,97	1,0	8
р.Елек, ключ 2, в г.Актобе, после слияния с р. Женишке	Металлургическая промышленность, АЗХС, АЗФ, КазХром, Казцинк	13,8	3,85	8	1,1	1,0	2,5	0,65	1,0	11
р.Елек, ключ 1, г.Актобе, после Актюбинского водохранилища	Бахчевое хозяйство, авиатранспорт	10,1	-	11	1,1	0,3	-	0,5	0,3	7
р.Елек, ключ 5, вблизи села Мартук	Сельское хозяйство	10	2,2	6	0,4	-	1,2	1,70	0,5	5,5

Примечание – «-» – значения в пределах нормы

Действие горнодобывающих предприятий. Особую значимость в загрязнении бассейна играет горнодобывающая промышленность в восточной части бассейна, приуроченной к реке Каргала, правобережный приток реки Елек. Значительное влияние на формирование современного ландшафта района оказала многолетняя разработка (с 1921) коренных рудных и россыпных никелевых, железорудных и медных месторождений. Разведывательными изысканиями сырьевых запасов было охвачено около двух третей территории Каргалинского района Актюбинской области, где расположены большинство левобережных притоков реки Елек (77 %): р.Жаман Каргалы, р.Жаксы Каргалы, р.Косистек, р.Куагаш, р.Табантал, р.Кокпекты, р.Тарангул и др. Территория Каргалинского района Актюбинской области характеризуется полувековым периодом выноса рудных и сопровождающих их элементов на дневную поверхность, вследствие этого наблюдается нарушение природного, биологического, гидрогеологического и геохимического равновесия. Нарушение биологического равновесия проявляется в уничтожении аквальных и приаквальных ландшафтов.

Пойменная терраса рек: Косистек, Карабутак, Куагаш, Кокпекты практически завалена отвалами вскрышных пород Кызыл-Каин-Мамытского рудника. Результаты химических анализов по левобережным притокам реки Елек показали значительное превышение ПДК БПК5, азота нитритного и аммонийных ионов (таблица 2). Очевидно, это связано с горнодобывающей промышленностью. Вблизи реки Куагаш расположены вскрышные породы геологоразведывательных работ (с. Бадамша, с. Никельтау). Вблизи реки Косестек расположено Велиховское Южное и Велиховское Северное месторождение железа с большими площадями отвалов. Большое превышение карбонатных ионов и меди наблюдается в р. Жаман Каргалы, очевидно это связано с месторождением Новороссийское (известняк), а также крупные месторождения меди в близи села Акжар (быв. с. Новороссийское), Приорское месторождение (Колчеданные руды, 1967 г.), месторождение 50 лет Октября, месторождение Авангард. Превышение ПДК по азоту нитритному, аммонийным ионам наблюдается в р. Жаксы Каргалы (таблица 2), очевидно это связано с хозяйственной деятельностью в Каргалинском районе, вблизи села Шамши Калдаяков (Александровка), села Петропавловка (орошаемое земледелие: ТОО «Торе Агро», ТОО «Каргала Агро Продукт», ТОО «Пацаева», ТОО «Табигат+»).

Таблица 2

Результаты химического анализа поверхностных вод притоков р. Елек, 2024 год (мг/дм^3)

Показатель	р.Сазды, вблизи г.Актобе	р.Куагаш, вблизи с.Бадамша	р.Косистек вблизи с.Косистек	р.Жаксы Каргала, вблизи с.Петропавловка	р.Жаман Каргалы, вблизи с.Акжар	р. Аксу, вблизи с.Мартук до впадения в р. Елек
Мутность	1,3	2,8	1,03	0,88	1,4	0,1
Окисляемость	3,5	2,1	1,9	1,1	1,8	0,9
pH	7,7	8,1	8,4	7,1	8,0	7,0
Общая жёсткость	6	5,8	5,9	5,4	5,5	2,5
Аммонийные ионы	0,14	н/о	0,2	0,4	0,3	-
Азот нитритный	0,004	0,002	н/о	н/о	-	-
Нитраты	38	30	46	49	30	32
Железо	н/о	0,02	0,3	0,08	0,05	н/о
Медь	0,34	0,54	0,24	0,18	0,5	-
Cl^-	35	72	58,2	45,5	52	40,4
F^-	0,5	0,2	0,12	0,1	1,0	н/о

Действие промышленности. На протяжение второй половины прошлого столетия воды реки Елек сильно загрязнялись тяжёлыми металлами, фенолами, бором, органическими веществами, фосфатами, сульфатами и другими компонентами. В качестве основных источников загрязнения выступили крупнейшие предприятия: Актюбинский химический завод им. С.М. Кирова (г. Алга) прекративший свою деятельность в 1996 году; Актюбинский завод хромовых соединений (АЗХС), Актюбинский завод ферросплавов АО «ТНК Казхром» (АЗФ), на долю которых приходилось около 85 % всех загрязнений, поступающих со сбросами сточных вод. В зоне крупных промышленных узлов предельно допустимая концентрация по основным загрязняющим компонентам оказалась многократно превышена, в результате чего ИЗВ реки Елек после города Актобе варьирует от 7 до 10, воды относятся к «классу 6» - очень грязные.

Из таблицы 1 мы видим рост ИЗВ от истока к городу Актобе, в зависимости от расположения источника техногенеза вблизи реки Елек, также это связано с впадением притоков со своей концентрацией вод. Максимальный ИЗВ наблюдается в г. Актобе, после впадения реки Женишке в главное русло Елека, это связано с расположением промышленной зоны (АЗХС, АЗФ и др.). Также мы наблюдаем снижение ИЗВ по

устью вблизи с. Мартук (ближе к границе с РФ), очевидно это связано с разбавлением поверхностных вод притоками рек Таныберген, Жамансу, Аксу. По результатам расчёта ИЗВ поверхностных вод основного русла реки Елек была составлена карта загрязнения водосборного бассейна по ИЗВ (рисунок 3).

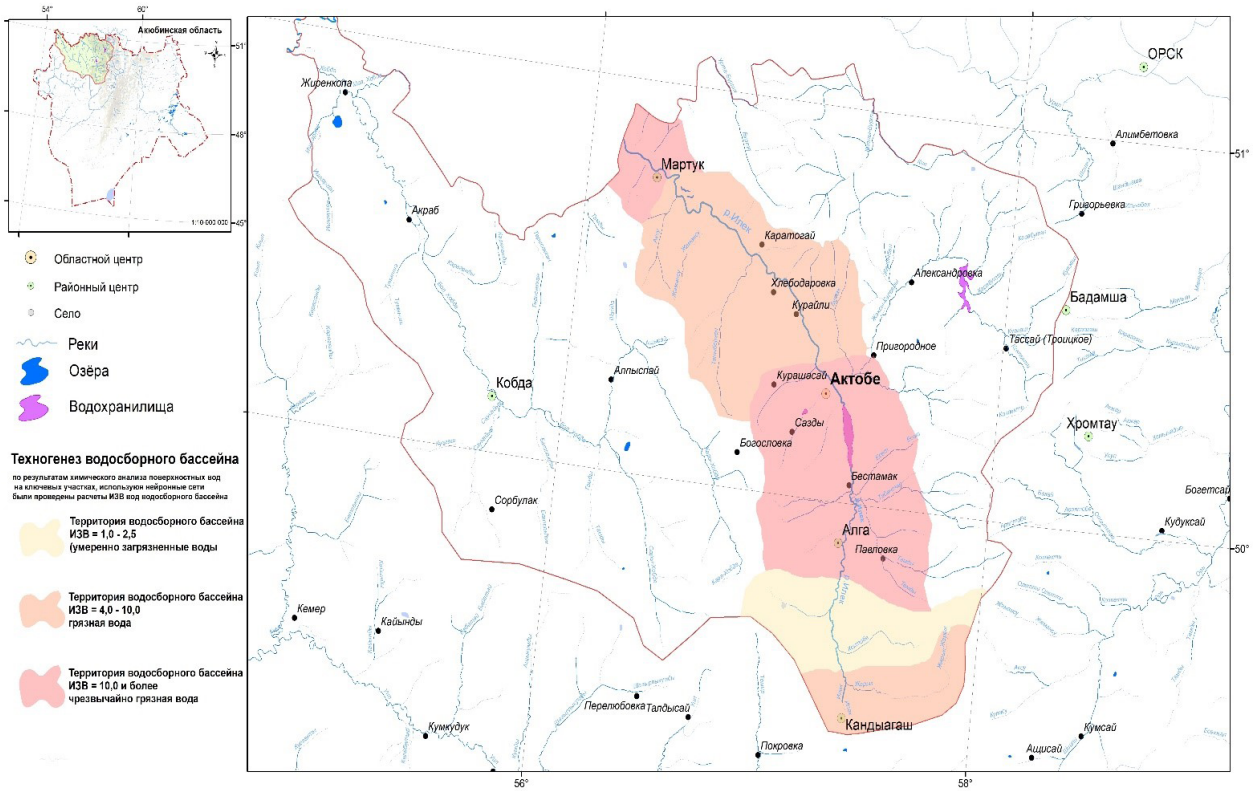


Рис. 3. *Карта загрязнения водосборного бассейна реки Елек по показателю ИЗВ*

Из рисунка 3 видно, что после города Актобе ИЗВ поверхностных вод реки Елек уменьшается и варьируется в пределах 4…6. Очевидно это связано с разбавлением поверхностных вод притоками первого и второго порядка рек Каргалы, Танарберген.

Для определения фонового содержания ПДК нами были отобраны пробы поверхностных вод притоков первого порядка реки Каргалы на определение содержания микроэлементов. Анализ проводился методом атомно-абсорбционной спектрофотомерии в лаборатории РГП «Казгидромет» по городу Актобе. Результаты химических анализов приведены в таблице 3.

Таблица 3

Состояние качества вод притоков реки Каргала по гидрохимическим показателям (средняя за 2024 г.)

№	Наименования участка отбора проб	ИЗВ	Ингредиенты и показатели качества воды	Средняя концентрация	Кратность превышения ПДК
1	Река Жаксы Каргала, в зоне формирования стока, приток реки Каргалы вблизи с. Кос-Естек	2,54	БПК5	1,73	0,58
			Кислород	11,44	0,52
			Нитриты	0,06	3,00
			Железо общее	0,11	1,10
			Аммонийные ионы	4,02	8,04
			Фенолы	0,002	2,00
2	Река Жаксы Каргала, приток реки Каргалы в близи с. Петропавловка	2,20	БПК5	0,93	0,31
			Кислород	11,71	0,51
			Нитриты	0,04	2,00
			Железо общее	0,03	0,30
			Аммонийные ионы	3,05	6,10
			Медь	0,004	4,00

В таблице 3 показаны различия показателей загрязнения воды в пробах разных притоков. Эти различия коррелируют с хозяйственной деятельностью населенных пунктов вблизи рек.

Водная миграция элементов в основном происходит в периоды снеготаяния и после редких сильных дождей, когда наполняются водой многочисленные сухие русла. Помимо вышеперечисленных внешних факторов на гидрохимические показатели реки оказывают значительное воздействие процессы, происходящие непосредственно в речных водах (седиментация, комплексообразование, окисление или восстановление элементов и т.д.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование поверхностных вод реки Елек и крупных притоков показало связь развития промышленности с техногенной нагрузкой геосистемы бассейна. Высокую опасность представляют шламонакопители промышленных предприятий. В верхне-Елекской части территории бассейна, отмечается высокое содержание меди и цинка в поверхностных водах. Загрязнение в этой области относится ко 2-му классу опасности, превышение ПДК местами достигает 40…45 раз, так как территория бассейна находится, в непосредственной близости к крупной узловой железнодорожной станции Кандагаш, созданной в 1928 году в составе Актюбинского округа.

В среднем течении угрожающий характер для вод бассейна также носит Актюбинский завод хромовых соединений (АЗХС), Актюбинский завод ферросплавов АО «ТНК Казхром» (АЗФ), которые интенсивно загрязняют речные воды соединениями шестивалентного хрома из накоплений, хромсодержащих шламов АЗХС и шлаков ферросплавного производства АЗФ.

Третьей, не менее значимой проблемой является горнодобывающая промышленность в правобережной части бассейна реки Елек. Горнодобывающие предприятия имеют довольно крупные горные отводы в пользовании, поэтому нагрузка от них на окружающую среду, на поверхностные воды также соизмеримо велика. Анализ последствий развития техногенных процессов весьма сложен по той причине, что собственно техногенное начало может сопровождаться цепочкой последующих природных событий. Изымая огромные по объему массы породы, вмещающих полезное ископаемое, идет внедрение в формировавшуюся миллионы лет геологическую среду, что приводит к последовательному развитию следующих событий: ослаблению горного давления внутри напряженного массива; формированию полостей окисления природных агентов; образованию провалов земли на дневной поверхности; активизации эрозии почв; нарушению первичных природных условий окружающей среды. Данные гидрохимического мониторинга водных объектов бассейна не только являются основой для оценки качества поверхностных вод, но и служат одновременно объективным показателем геоэкологического состояния геосистем всего бассейна.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Данное исследование проводиться в рамках научного проекта и финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № AP19575017).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдуллин А.А. Геология и минеральные ресурсы Казахстана. - Алма-Ата: Ғылым, 1994.-400 с.
2. Александрова В.В. Анализ корреляционной зависимости выживаемости и плодовитости тест-объекта Ceriodaphnia affinis с химическим составом воды. Вестник Нижневартовского государственного университета. - 2013.-№ 3. - С. 60-63.
3. Александрова В.В., Левкова А.Н., Иванова А.В. Анализ и прогноз миграции химических веществ в поверхностных водах и донных отложениях малых рек. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. - 2019. - Т. 11. - № 2-2. - С.12-20.
4. ГОСТ РК 51592 – 2003 «Вода. Общие требования к отбору проб». Электронный источник: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30015917. (Дата обращения 10.06.2024).
5. Джаналеева Г.М. Физическая география Республики Казахстан: учебное пособие / под ред. Г.М. Джаналеевой. – Астана: ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, 2010. – 560 с.
6. Доклад Всемирной метеорологической организации. 2023 год стал самым засушливым годом для рек по всему миру за последние 33 года. 7 октября 2024 г. Электронный ресурс: https://wmo.int/ru/news/media-centre/v-dokladevmo-podcherkivaetsya-rastuschiy-deficit-i-nekhvatka-globalnykh-vodnykh-resursov
7. Информационно-аналитический отчет по контрольной и правоприменительной деятельности Актюбинской экологической инспекции за 2010 год. Тобыл-Торгайский департамент экологии. – Актобе, 2011. – 200 с.
8. Лаврусевич А.А. Основные черты техногенеза. Вестник МГСУ, - 2015. - №4. – С. 175-181.

9. Низовцев В.А. Антропогенный ландшафтогенез: предмет и задачи исследования. Вестник Моск. ун-та. Серия География. - 1999. – №1. С. 26-30.
10. Нурышев Г.Ж., Омаров С.К. Научно-исторический справочник Актюбинской области. – Актобе: АГПИ, 2007. – С. 178-200.
11. Постановление Правительства РК от 31.12.2016 № 908. [Электронный ресурс]. – https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1600014513 (дата обращения: 21.01.2025).
12. Чибилев А.А. Ландшафтно-экологические основы рационализации природопользования в степной зоне (на примере Южного Урала и сопредельных территорий): автореферат докт. геогр. наук. – СПб: ГУ, 1992. – 50 с.
13. Фактическое состояние водных ресурсов» по Актюбинской области 2012 г. Информ.-аналит. отчет / Департамент экологии. – Актобе, 2012. – С. 10-11.
14. Beketova, A., Berdenov, Z., Ataeva, G., Shomanova, Z., Herman, G.V. Geochemical monitoring of industrial center for development of recreational areas (on the example of Khromtau-Don industrial hub, Kazakhstan). Geojournal of Tourism and Geosites, 2019, 27(4). – P. 1449-1463. https://doi.org/10.30892/gtg.27428-447
15. Berdenov Zh. Current state and geoecological analysis of geosystems in the Ilek river basin. Monograph. Astana: "Master Po", 2017. - 155 p. ISBN 978-9965-31-886-3.
16. Berdenov Z., Mendybayev, E.H., Ataeva, G.M., Dzhanaleeva, G.M. Landscape and geochemical features of man-made pollution zones of aktobe agglomerations. Oxidation Communications, 2015, 38(2). – P. 852–859.
17. Berdenov Zh., Mendibaev E.H., G. Ataeva, E. Atasoy. Geosystems geoecological assessment of the basin of rivers for tourist valorization case study of Ilek river basin. GeoJournal of Tourism and Geosites.- Romania. - 2016. - №2, vol. 18. – P. 187-195. ISSN 2065-0817.
18. Donghai Yuan, Yinxiu Zhao, Xujing Guo, Linxiao Zhai, Xinyi Wang, Jiazhuo Wang, Yanqi Cui, Liansheng He, Chenling Yan, Yingying Kou. Impact of hydrophyte decomposition on the changes and characteristics of dissolved organic matter in lake water. Ecological Indicators. – 2020. - Vol. 116 (106482). https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106482
19. Dzhanaleyeva K., Mazhitova G., Zhanguzhina A., Berdenov Z., Bazarbayeva T., Atasoy E. Technogenesis of geoecological systems of Northen Kazakhstan: Progress, development and evolution. Chemistry, 2017, 26(6). – P. 903-921.
20. Krabbenhoft Corey A., Kashiana Donna R. Citizen science data are a reliable complement to quantitative ecological assessments in urban rivers. Ecological Indicators. - 2020. - № 116 (106407). https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106476
21. Mariem Ben-Said. Spatial point-pattern analysis as a powerful tool in identifying pattern-process relationships in plant ecology: an updated review. Ecological Processes. – 2021. - № 10 (56). https://doi.org/10.1186/s13717-021-00314-4
22. Safarov R.Z., Shomanova Zh.K., Nossenko Yu.G., Berdenov Zh.G., Bexeitova Zh.B., Shomanov A. S., Mansurova M. Solving of classification problem in spatial analysis applying the technology of gradient boosting CatBoost. Folia Geographica. - 2020. -№ 1 (62). - P.112-126.
23. Saket Dubey, Ashutosh Sharma, Venkatesh Kishor Panchariya, Manish Kumar Goyal, Rao Y. Surampalli, Tian C. Zhang. Regional sustainable development of renewable natural resources using Net Primary Productivity on a global scale. Ecological Indicators. 2021. Vol. 127 (107768). https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107768
24. Ramazanova N.Y., Berdenov Z.G., Ramazanov S.K., Kazangapova N.B., Romanova S.M., Toksanbaeva S.T., Wendt J. Landscape-geochemical analysis of steppe zone basin Zhaiyk. News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences. - 2018. - Vol. 4 (436). - P. 33-41. https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.95

REFERENCES

1. Abdullin, A.A. (1994). Geologiya i mineral'nye resursy Kazakhstana [Geology and mineral resources of Kazakhstan]. - Alma-Ata: Ғylym, 400 p [in Russian].
2. Aleksandrova, V.V. (2013). Analiz korrelyatsionnoi zavisimosti vyzhivaemosti i plodovitosti test-ob"ekta Seriodaphnia affinis s khimicheskim sostavom vody [Analysis of the correlation between the survival and fertility of the test object Ceriodaphnia affinis and the chemical composition of water]. Vestnik Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta, no. 3, pp. 60-63 [in Russian].
3. Aleksandrova, V.V., Levkova, A.N., Ivanova, A.V. (2019). Analiz i prognoz migratsii khimicheskikh veshchestv v poverkhnostnykh vodakh i donnykh otlozheniyakh malykh rek [Analysis and forecast of migration of chemical substances in surface waters and bottom sediments of small rivers]. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, vol. 11, no. 2-2, pp. 12-20 in Russian].
4. GOST RK 51592 – 2003 «Voda. Obshchie trebovaniya k otboru prob». Elektronnyi istochnik: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30015917. (Data obrashcheniya 10.06.2024).
5. Dzhanaleeva, G.M. (2010). Fizicheskaya geografiya Respubliki Kazakhstan: uchebnoe posobie [Physical Geography of the Republic of Kazakhstan: a textbook]/ pod red. G.M. Dzhanaleevoi. – Astana: ENU im. L.N. Gumileva, 560 p. [in Russian].
6. Doklad Vsemirnoi meteorologicheskoi organizatsii. 2023 god stal samym zasushlivym godom dlya rek po vsemu miru za poslednie 33 goda. 7 oktyabrya 2024 g. Elektronnyi resurs: https://wmo.int/ru/news/media-centre/v-doklade-vmo-podcherkivaetsya-rastuschiy-deficit-i-nekhvatka-globalnykh-vodnykh-resursov [in Russian].
7. Informatsionno-analiticheskii otchet po kontrol'noi i pravoprimenitel'noi deyatel'nosti Aktyubinskoi ekologicheskoi inspektsii za 2010 god. Tobyl-Torgaiskii departament ekologii (2011). – Aktobe, 200 p. [in Russian].
8. Lavrusevich, A.A. (2015). Osnovnye cherty tekhnogeneza [The main features of technogenesis]. Vestnik MGSU, vol. 4, pp. 175-181 [in Russian].
9. Nizovtsev, V.A. (1999). Antropoennyi landshaftogenez: predmet i zadachi issledovaniya [Anthropogenic landscape genesis: subject and objectives of the research]. Vestnik Mosk. un-ta. Seriya Geografiya, vol. 1, pp. 26-30 [in Russian].
10. Nuryshev, G.Zh., Omarov, S.K. (2007). Nauchno-istoricheskii spravochnik Aktyubinskoi oblasti [Scientific and historical reference book of Aktobe region]. Aktobe: AGPI, pp. 178-200 [in Russian].

11. Postanovlenie Pravitelstva RK ot 31.12.2016 № 908 [Resolution of the Government of the Republic of Kazakhstan dated December 31, 2016 No. 908]. https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1600014513 (Accessed: January 21, 2025) [in Russian]
12. Chibilev, A.A. (1992). Landshaftno-ekologicheskie osnovy ratsionalizatsii prirodopol'zovaniya v stepnoi zone (na primere Yuzhnogo Urala i sopredel'nykh territorii): avtoreferat dokt. geogr. nauk [Landscape-ecological foundations of rationalization of nature management in the steppe zone (on the example of the Southern Urals and adjacent territories): abstract of the doctor of geogr. sciences]. SPb: GU, pp. 50 [in Russian].
13. Fakticheskoe sostoyanie vodnykh resursov po Aktyubinskoi oblasti 2012 g. [Actual state of water resources" in Aktobe region 2012] (2012). Inform.-analit. otchet / Departament ekologii. Aktobe, pp. 10-11 [in Russian].
14. Beketova, A., Berdenov, Z., Ataeva, G., Shomanova, Z., Herman, G.V. (2019). Geochemical monitoring of industrial center for development of recreational areas (on the example of Khromtau-Don industrial hub, Kazakhstan). Geojournal of Tourism and Geosites, vol. 27, no 4. pp. 1449-1463. https://doi.org/10.30892/gtg.27428-447
15. Berdenov, Zh. (2017). Current state and geoecological analysis of geosystems in the Ilek river basin. Monograph. Astana: "Master Po", 155 p. ISBN 978-9965-31-886-3.
16. Berdenov, Z., Mendybayev, E.H., Ataeva, G.M., Dzhanaleeva, G.M. (2015). Landscape and geochemical features of man-made pollution zones of aktobe agglomerations. Oxidation Communications, vol. 38 no 2, pp. 852–859.
17. Berdenov, Zh., Mendibaev, E.H., Ataeva, G., Atasoy, E. (2016). Geosystems geoecological assessment of the basin of rivers for tourist valorization case study of Ilek river basin. GeoJournal of Tourism and Geosites, Romania, vol. 18, no 2, pp. 187-195. ISSN 2065-0817.
18. Donghai, Yuan, Yinxiu, Zhao, Xujing, Guo, Linxiao, Zhai, Xinyi, Wang, Jiazhuo, Wang, Yanqi, Cui, Liansheng, He, Chenling, Yan, Yingying, Kou (2020). Impact of hydrophyte decomposition on the changes and characteristics of dissolved organic matter in lake water. Ecological Indicators, vol. 116 (106482). https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106482
19. Dzhanaleyeva, K., Mazhitova, G., Zhanguzhina, A., Berdenov, Z., Bazarbayeva, T., Atasoy, E. (2017). Technogenesis of geoecological systems of Northen Kazakhstan: Progress, development and evolution. Chemistry, vol. 26, no 6, pp. 903-921.
20. Krabbenhoft, Corey A., Kashiana, Donna R. (2020). Citizen science data are a reliable complement to quantitative ecological assessments in urban rivers. Ecological Indicators, vol. 116 (106407). https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106476
21. Mariem, Ben-Said (2021). Spatial point-pattern analysis as a powerful tool in identifying pattern-process relationships in plant ecology: an updated review. Ecological Processes, vol. 10, no 56. https://doi.org/10.1186/s13717-021-00314-4
22. Safarov, R.Z., Shomanova, Zh.K., Nossenko, Yu.G., Berdenov, Zh.G., Bexeitova, Zh.B., Shomanov, A.S., Mansurova, M. (2020). Solving of classification problem in spatial analysis applying the technology of gradient boosting CatBoost. Folia Geographica, vol. 1, no 62, pp. 112-126.
23. Saket, Dubey, Ashutosh, Sharma, Venkatesh, Kishor Panchariya, Manish Kumar, Goyal, Rao, Y., Surampalli, Tian, C.Zhang (2021). Regional sustainable development of renewable natural resources using Net Primary Productivity on a global scale. Ecological Indicators, vol. 127 (107768). https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107768
24. Ramazanova, N.Y., Berdenov, Z.G., Ramazanov, S.K., Kazangapova, N.B., Romanova, S.M., Toksanbaeva, S.T., Wendt, J. (2018). Landscape-geochemical analysis of steppe zone basin Zhaiyk. News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences, vol. 4 no 436, pp. 33-41. https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.95

ТЕХНОГЕНЕЗДІҢ ӘСЕР АЙМАҒЫНДАҒЫ ЕЛЕК ӨЗЕНІ АЛАБЫНЫҢ СУ САПАСЫН ТАЛДАУ ЖӘНЕ БАҒАЛАУ

Ж.Г.Берденов[1] *PhD*, **Н.Б.Зинабдин**[1] *PhD*, **А.Е.Егинбаева**[1] *PhD*, **Г.Е.Мендыбаева**[2], **С.Р.Садвакасова**[1,3*] *г.ғ.к.*, **Е.Х.Какимжанов**[2], *PhD*

[1]*Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан*
[2] *Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы, Қазақстан*
[3]*«Су ресурстары ақпараттық-талдау орталығы» АҚ, Астана, Қазақстан*
E-mail: saltik81@mail.ru

Мақалада Елек өзені бассейнінің геожүйелеріне теріс әсер ететін антропогендік факторлардың жалпы спектрі көрсетілген. Химиялық элементтердің жиналуы және олардың қоршаған орта объектілеріне түсуі адамның өнеркәсіптік және ауыл шаруашылығы қызметінің нәтижесі болып табылады. Мақалада Елек өзені бассейніндегі беткі сулардың сапалық құрамына кері әсер ететін табиғи және антропогендік факторлар талданады. Негізгі назар 2024 жылы жүргізілген экспедициялық бақылаулар негізінде Елек өзенінің және оның ірі салаларының гидрологиялық режимін зерттеуге аударылған. Елек бассейнінің геожүйелері бірнеше онжылдық бойы табиғи және техногендік факторлардың едәуір әсеріне ұшырап келе жатқаны анықталды. Өзеннің және оның салаларының негізгі учаскелерінен алынған беткі су үлгілерінің химиялық талдау нәтижесінде судың ластанған элементтері мен техносфераның қызметі арасында тікелей

байланыс анықталды. Елек өзенінің солтүстік-шығыс бөлігіндегі бірінші және екінші тәртіптегі салаларының ластануына ерекше назар аударылды. Зерттеу нәтижесінде су айдындарына ауыр металдардың негізгі көздері өңірде жүргізілетін тау-кен өнеркәсібі мен геологиялық барлау жұмыстары екені анықталды. Судың ластану деңгейін бағалау үшін Елек өзені мен оның негізгі салалары бойынша су ластану индексі (СЛИ) есептелді. Алынған деректер негізінде, Ақтөбе облысындағы су объектілерінің көпшілігі жалпы алғанда беткі су сапасының стандарттарына сәйкес келгенімен, Елек өзенінің орта ағысында орналасқан сулар қатты ластанғандар санатына жататыны анықталды деген қорытынды жасалды. Бұл су сапасының одан әрі нашарлауының алдын алу және ластану деңгейін төмендету бойынша шаралар әзірлеу үшін олардың жағдайына неғұрлым егжей-тегжейлі және тереңдетілген мониторинг жүргізудің қажеттілігін көрсетеді.

Түйін сөздер: өзен бассейні, гидрохимиялық көрсеткіштер, геоэкологиялық жағдай.

ANALYSES AND ASSESSMENT OF SURFACE WATER QUALITY IN THE ELEK RIVER BASIN IN THE ZONE OF TECHNOGENESIS INFLUENCE

Zh. Berdenov[1] *PhD*, **N. Zinabdin**[1] *PhD*, **A. Eginbaeva**[1] *PhD*, **G. Mendybaeva**[2], **S. Sadvakassova**[1,3*] *Candidate of Geographical Sciences*, **E. Kakimzhanov**[2] *PhD*

[1]*L.N.Gumilev Eurasian National University, Astana, Kazakhstan*
[2]*Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan*
[3]*JSC Information and Analytical Center for Water Resources, Astana, Kazakhstan*
E-mail: saltik81@mail.ru

The article provides an overview of anthropogenic factors negatively affecting the geosystems of the Ilek River basin. The accumulation of chemical elements and their introduction into the environment result from human industrial and agricultural activities. The article examines natural and anthropogenic causes that adversely impact the qualitative composition of surface waters in the Ilek River basin. It also considers the hydrological regime of the Ilek River and its major tributaries based on field observations conducted in 2024. The study identifies natural and anthropogenic factors that have been influencing the geosystems of the Ilek River basin for decades. Results of chemical analyses of surface water samples from key sites demonstrate a clear correlation with elements of the technosphere. It has been established that first- and second-order tributaries of the Ilek River, located in the northeastern part of the basin, are polluted with heavy metals due to mining and geological exploration activities. The Water Pollution Index (WPI) was calculated for the Ilek River and its major tributaries. The findings indicate that while the water bodies of Aktobe oblast, which remain under-researched, generally meet surface water quality standards, the surface waters in the middle reaches of the Ilek River are classified as highly polluted. This highlights the necessity for more comprehensive investigations to prevent further deterioration and to develop measures for reducing pollution levels.

Keywords: river basin, hydrochemical indicators, geo-ecological state.

Сведения об авторах/ Авторлар туралы мәліметтер/About the authors:

Берденов Жарас Галимжанович – PhD, ассоциированный профессор, декан факультета естественных наук Евразийского национального университета им. Л.Н.Гумилева, Астана, ул. Кажимукана, 13, Казахстан. Berdenov-z@mail.ru

Зинабдин Нұрлыбек Бердібекұлы – PhD, старший преподаватель кафедры физической и экономической географии Евразийского национального университета им. Л.Н.Гумилева, Астана, ул. Кажимукана, 13, Казахстан. zinabdin.n@gmail.com

Егинбаева Айгуль Есенгалиевна – PhD, и.о. доцента кафедры физической и экономической географии Евразийского национального университета им. Л.Н.Гумилева, Астана, ул. Кажимукана, 13, Казахстан. aeginbaeva@mail.ru

Мендыбаева Гульшара Ерболатовна – Докторант по образовательной программе «8D07303-Картография» Казахского национального университета им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан. mendybaeva95@list.ru

Садвакасова Салтанат Рагимовна – кандидат географических наук, старший преподаватель кафедры физической и экономической географии Евразийского национального университета им. Л.Н.Гумилева, руководитель научно-исследовательских проектов НАО «Информационно-аналитический центр водных ресурсов», Астана, Казахстан. saltik81@mail.ru

Какимжанов Еркин Хамитович – PhD, и.о. доцента кафедры картографии и геоинформатики Казахского национального университета имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан. erka_7717@mail.ru

Берденов Жарас Галимжанович – PhD, доцент, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің жаратылыстану ғылымдары факультетінің деканы., Астана қ., Қажымұқан, 13, Қазақстан. Berdenov-z@mail.ru

Зинабдин Нұрлыбек Бердібекұлы – PhD докторы, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің физикалық және экономикалық география кафедрасының аға оқытушысы, Астана, Қажымұқан, 13, Қазақстан. zinabdin.n@gmail.com

Егинбаева Айгуль Есенгалиевна – PhD докторы, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің физикалық және экономикалық география кафедрасының доцент м.а., Астана, Қажымұқан, 13, Қазақстан. aeginbaeva@mail.ru

Мендыбаева Гульшара Ерболатовна – әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің «8D07303-Картография» білім беру бағдарламасының докторанты, Алматы, Қазақстан. mendybaeva95@list.ru

Садвакасова Салтанат Рагимовна – география ғылымдардың кандидаты, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің физикалық және экономикалық география кафедрасының аға оқытушысы, «Су ресурстары ақпараттық-талдау орталығы» АҚ, ғылыми-зерттеу жобаларының басшысы, Астана, Қазақстан. saltik81@mail.ru

Какимжанов Еркин Хамитович – PhD, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ картография және геоинформатика кафедрасының доцент м.а., Алматы, Қазақстан. erka_7717@mail.ru

Berdenov Zharas Galimzhanovich - PhD, Associate Professor, Dean of the Faculty of Natural Sciences, L.N.Gumilev Eurasian National University, Astana, 13, Kazhimukana str., Kazakhstan. Berdenov-z@mail.ru

Zinabdin Nurlybek Berdibekuly - PhD, Senior Lecturer, Department of Physical and Economic Geography, L.N.Gumilev Eurasian National University, Astana, 13, Kazhimukan str., Kazakhstan. zinabdin.n@gmail.com

Eginbaeva Aigul Yesengalievna - PhD, Associate Professor, Department of Physical and Economic Geography, L.N.Gumilev Eurasian National University, Astana, 13 Kazhimukan str., Kazakhstan. aeginbaeva@mail.ru

Mendybayeva Gulshara Yerbolatovna - Doctoral student in the educational programme '8D07303-Cartography' of al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan. mendybaeva95@list.ru

Sadvakasova Saltanat Ragimovna - Candidate of Geographical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Physical and Economic Geography, L.N. Gumilev Eurasian National University, JSC Information and Analytical Center for Water Resources, Head of Research Projects, Astana, Kazakhstan. saltik81@mail.ru

Kakimzhanov Erkin Khamitovich – PhD, Associate Professor, Department of Cartography and Geoinformatics, al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan. erka_7717@mail.ru

Вклад авторов/ Авторлардың қосқан үлесі/Authors' contribution:

Берденов Ж.Г. – разработка концепции и методологии, проведение исследований
Зинабдин Н. Б. – картографирование и проведение статистического анализа
Егинбаева А.Е. – разработка методологии, предоставление исследовательских материалов
Мендыбаева Г.Е. – проведение полевых исследований
Садвакасова С.Р. – картографирование и проведение статистического анализа, подготовка и редактирование текста
Какимжанов Е.Х. – проведение полевых исследований

Берденов Ж.Г. – тұжырымдама мен әдістемелерді әзірлеу, зерттеу жұмыстарын жүргізу
Зинабдин Н.Б. – картографиялық және статистикалық талдау
Егинбаева А.Е. – әдістемені әзірлеу, зерттеу материалдарымен қамтамасыз ету
Мендыбаева Г.Е. – далалық зерттеулер жүргізу
Садвакасова С.Р. – картографиялық және статистикалық талдау, мәтінді дайындау және өңдеу
Какимжанов Е.Х. – далалық зерттеулер жүргізу

Berdenov Zh. – development of the concept and methodology, conducting research
Zinabdin N. – mapping and statistical analysis
Eginbaeva A. – development of the methodology, provision of research materials
Mendybaeva G. – conducting field research
Sadvakassova S. – mapping and statistical analysis, preparation and editing of the text
Kakimzhanov E. – conducting field research