

**КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ
за 2024 год**

по теме: ЗАКОНОМЕРНОСТИ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ КАЧЕСТВА
ВОД В ТРАНСГРАНИЧНЫХ БАССЕЙНАХ, НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНА РЕКИ ИЛЕ

Выполненный в рамках грантового финансирования № AP19679150

Объектом исследования является бассейн реки Иле.

Цель работы – дать комплексную оценку качества трансграничного стока и воды притоков р. Иле, выявление основных закономерностей их антропогенной трансформации.

Методы исследования: В процессе исследования использованы химико-аналитический, хроматографический, атомно-абсорбционный методы, а также системный и сравнительный анализы, компьютерные технологии для обработки информации.

Раздел 2 Качественная оценка малых рек (МР) и КВ. Изучение роли МР, КВ и локальных источников загрязнения в формировании гидрохимического режима, токсических параметров и трансформации качества речных вод.

2.1 Исследование малых рек (МР), впадающих в КВ для оценки уровня их загрязненности контролируруемыми ингредиентами

В рамках выполнения календарного плана полевые исследования малых рек (МР), впадающих в Капшагайское водохранилище (КВ), проводились с целью оценки уровня загрязненности, обусловленной локальными источниками, и их влияния на водную среду КВ. Оценка качества воды проводилась по основным показателям химического состава, а также путем сравнения полученных значений с нормативными предельно допустимыми концентрациями (ПДК) загрязняющих веществ, принятыми в водоохранной практике [1].
Результаты химического анализа 2023-2024 гг.:

Река Шелек

Минерализация и ионный состав: в зимний период 2023 г. сумма ионов составила 576 мг/дм³ и возросла до 645 мг/дм³ в весенний период 2024 г., относится к среднеминерализованной воде. Основные анионы представлены ионами HCO_3^- , катионы – Na^+ и K^+ , что определяет гидрокарбонатно-натриевый тип воды.

Водородный показатель: рН варьировался от 8,5 в декабре 2023 г. до 8,0 в марте 2024 г., что указывает на слабощелочную среду.

Азотные соединения и фосфаты в пределах нормы. Концентрации всех определяемых металлов превышают свои нормативные пределы: медь 3,6-7,9 ПДК, цинк – 1,3 ПДК, свинец до 1,0 ПДК, кадмий 1,1-1,4 ПДК, кобальт 5,6-6,4 ПДК и никель 1,5-2,9 ПДК, что указывает на локальные источники загрязнения.

Река Тургень

Минерализация и ионный состав: Величина суммы ионов за период исследований практически не изменилась и составила 575 мг/дм³ зимой 2023 г. и 580 мг/дм³ весной 2024 г., также относится к среднеминерализованной воде. Преобладающими анионами являются HCO_3^- , катионами – $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, что определяет гидрокарбонатно-натриевый тип воды.

Водородный показатель: Значения рН воды составили 7,9 в декабре 2023 г. и 8,3 в марте 2024 г., указывая на слабощелочную реакцию.

Содержание биогенных веществ в пределах нормативных уровней рыбохозяйственного значения. Превышение ПДК по тяжелым металлам в декабре 2023 г. фиксируется в концентрациях меди – 7,9 ПДК, кобальту – 7,7 ПДК и незначительно по кадмию и никелю, 1,4 и 2,1 ПДК, соответственно. В марте 2024 г. превышения ПДК

выявлены в концентрациях кобальта (7,7 ПДК) и никеля (3,6 ПДК), содержания остальных металлов в весенний период оставались в нормативных уровнях.

Река Есик

Минерализация и ионный состав: в зимний период 2023 г. сумма ионов составила 836 мг/дм³ и уменьшилась до 727 мг/дм³ весной 2024 г., что также относится к среднеминерализованной воде. Основные анионы – HCO_3^- , катионы – Na^+ и K^+ .

Водородный показатель: величина рН варьировалась от 8,4 в декабре 2023 г. до 8,0 в марте 2024 г., отражая слабощелочную среду.

Азотные соединения и фосфаты в пределах нормы. Из тяжелых металлов концентрация меди в воде превышала ПДК в 11,4 раза в декабре 2023 г. и 2,7 раза в марте 2024 г., кобальта 5,3-5,8 ПДК, никеля 2,3-4,2 ПДК, соответственно. Содержания остальных металлов в пределах нормативных уровней в наблюдаемый период.

Река Талгар

Минерализация и ионный состав: Значение суммы ионов возросло с 636 мг/дм³ зимой до 721 мг/дм³ весной, что также соответствует к среднеминерализованным водам. Основные ионы – HCO_3^- и $\text{Na}^+ + \text{K}^+$.

Водородный показатель: рН колебался от 8,5 в декабре 2023 г. до 8,0 в марте 2024 г., что указывает на слабощелочную реакцию воды.

Содержание биогенных веществ в пределах нормативных уровней рыбохозяйственного значения. Превышение ПДК по тяжелым металлам в декабре 2023 г. фиксируется в концентрациях меди – 3,6 ПДК, кобальта – 6,4, никеля – 1,9 ПДК и кадмия – 1 ПДК. В марте 2024 г. превышения ПДК выявлены также в концентрациях меди – 5,3 ПДК, кобальта 5,8 ПДК и никеля – 3,0 ПДК.

Река Каскелен

Минерализация и ионный состав: Величина суммы ионов уменьшилась с 853 мг/дм³ зимой 2023 г. до 812 мг/дм³ весной 2024 г. Основные ионы – HCO_3^- и $\text{Na}^+ + \text{K}^+$.

Водородный показатель: Значения рН составили 8,4 в декабре 2023 г. и 8,1 в марте 2024 г., что также указывает на слабощелочную реакцию.

Незначительное превышение ПДК из биогенных веществ фиксируется по азоту нитритному – 1 ПДК в декабре 2023 г., остальные азотные соединения и фосфаты в пределах нормативов рыбохозяйственного назначения. По меди концентрация превышала ПДК в 8,8 раз в декабре 2023 г. и 6,2 раза в марте 2024 г., концентрация кобальта 6,0 и 4,7 ПДК и никеля 1,0 и 3,6 ПДК, соответственно.

Река Шенгельди

Минерализация и ионный состав: Сумма ионов возросла с 623 мг/дм³ зимой 2023 г. до 833 мг/дм³ весной 2024 г., что соответствует жесткой воде.

Водородный показатель: Значение рН в декабре 2023 г. составило 8,8, что указывает на щелочную реакцию, в марте 2024 г. показатель снизился до 7,5, отражая слабощелочную среду.

Превышение ПДК из биогенных веществ выявлено по азоту аммонийному 4,1 раза в декабре 2023 г., в марте 2024 г. этот показатель и остальные биогены в пределах нормы. Концентрация меди превышала ПДК в 9,6 раз в декабре 2023 г. и 5,3 раза в марте 2024 г., концентрация кобальта 5,3 и 5,0 ПДК и никеля 1,9 и 2,9 ПДК, соответственно.

Анализ химического состава малых рек, впадающих в Капшагайское водохранилище, показал, что основными загрязняющими веществами являются медь, кобальт и никель, значительных сезонных закономерностей в изменении концентрации загрязняющих элементов не выявлено. По комплексному индексу загрязненности вод малые реки относятся к третьему классу качества «высокому уровню загрязненности». По величине суммы ионов все реки относятся к среднеминерализованным водам, обладают умеренной жесткостью и слабощелочной средой. Значительные превышения ПДК по тяжелым металлам, свидетельствует о выраженном антропогенном воздействии на

гидрологическую систему. Для снижения уровня загрязнения рекомендуется усилить системный мониторинг.

Малые реки, впадающие в Капшагайское водохранилище, вносят существенный вклад в его химическую нагрузку, особенно по показателям тяжелых металлов, что требует дальнейшего изучения и принятия мер по предотвращению ухудшения качества водных ресурсов в регионе.

2.2 Оценка влияния МР, КВ и локальных источников загрязнения в формировании режима гидрохимических, токсических параметров и трансформации качества речных вод

Исследование влияния малых рек, Капшагайского водохранилища (КВ) и локальных источников загрязнения на качество водной среды осуществлялось в осенний период 2023 г. и весенний период 2024 г., охватывая параметры прозрачности, температуры, pH, содержания ионов и концентрации загрязняющих веществ.

В осенний период 2023 г. по акватории КВ максимальные значения прозрачности достигали 2,0-3,5 м, особенно в центральной части водоема и в зоне впадения реки Есик (точки 4 и 5). В северной прибрежной и приплотинной зонах вода оставалась прозрачной (точки 1, 3 и 6). Весной 2024 г. по всей акватории наблюдалось увеличение прозрачности воды, которая колебалась в пределах от 0,5 до 1,6 м, что связано с повышением температурного режима и сезонной динамикой биопродуктивности водоема (рисунок 1).

Температурные показатели в поверхностном слое (0,5 м) изменялись в зависимости от погодных условий: в сентябре 2023 г. температура составляла 20,7-26,3 °С, в марте 2024 г. – 1,3-4,7 °С. Температура воды оказывает прямое влияние на биохимические процессы, происходящие в водоеме, и может служить показателем сезонной изменчивости гидрохимических условий.

Значения pH в осенний период по акватории водоема находились на уровне слабощелочных (8,6-9,0) в верховье (точка 10) и в районах впадения рек Тургенъ, Есик, Каскелен и Шенгельди (точки 2, 5, 8, 3), что может быть связано с поступлением обратных вод. В весенний период уровень pH воды стабилизировался на показателях слабощелочной среды. pH играет значительную роль в химических и биологических процессах и служит индикатором экологического состояния водной системы.

Общая сумма ионов в весенний период значительно превышала значения осенних наблюдений. В сентябре 2023 г. показатели ионного состава варьировались от 403 до 496 мг/дм³, в марте 2024 г. – от 496 до 602 мг/дм³.

Концентрация азота нитритного (NO₂⁻) показала незначительное превышения предельно допустимых концентраций, в осенний период в приплотинной зоне 1,3 раза, в районе впадения реки Шенгельди – в 2 раза, а в районе впадения реки Каскелен – в 4,4 раза.

Сезонный характер изменения концентраций тяжелых металлов проявляется в увеличении их содержания в воде весной по сравнению с осенью. Концентрации меди (Cu), кобальта (Co) и никеля (Ni) превышали ПДК. По всей площади акватории КВ в весенний период наблюдались максимальные превышения ПДК по меди: от 1,8 раз в центральной части до 11,4 раз в приплотинной зоне. Концентрации кобальта варьировались от 4 до 7,1 ПДК, никеля – от 1,5 до 3,8 ПДК. Концентрация цинка (Zn) и свинца (Pb) показала обратную связь: их значения были выше в осенний период и снижались к зимнему.

Полихлорированные бифенилы (ПХБ). Все изучаемые высокотоксичные соединения зарегистрированы в воде всех исследованных водных объектов бассейна. В трансграничном стоке р. Иле концентрация ПХБ по наблюдениям с января по сентябрь месяц была в интервале 0,015-0,078 мкг/дм³. Значительное колебание их содержания отмечено в течение всего периода наблюдений. Максимальное значение (0,078 мкг/дм³) отмечено в феврале. Вообще концентрация ПХБ в трансграничном стоке в период исследования характеризовалась значениями одного порядка. Однако более повышенное их содержание отмечалось в зимний период.

За 2023 и 2024 гг. по трансграничному стоку р. Иле получены в целом аналогичные данные. В ноябре и декабре 2023 г. концентрация ПХБ в трансграничном стоке менялась в интервале 0,006-0,033 мкг/дм³. В нем зарегистрировано 27 индивидуальных конгенов ПХБ, в т.ч. 4 “маркерных” конгенов и 3 диоксиноподобных. В трансграничном стоке, и в 2024 г. до 60% преобладали “маркерные” конгены ПХБ 52. Таким образом, можно отметить о продолжающемся загрязнении ПХБ водных ресурсов р. Иле, притекающих на территориях РК. Учитывая широкий конгенерный состав ПХБ и присутствие в них строго контролируемых в природных объектах “маркерных” и диоксиноподобных конгенов, можно предположить, что трансграничный сток реки имеет повышенный уровень токсичности по отношению к ПХБ.

Характер трансформации ПХБ в воде р. Иле по ее течению на территории Казахстана рассматривается на основных 4-х гидропостах по реке. Суммарная концентрация ПХБ в речной воде менялась в интервале от 0,017 до 0,065 мкг/дм³. В целом содержание токсиканта в воде отдельных гидропостов (ГП) характеризуется значениями одного порядка. Более повышенным содержанием токсиканта отличалась вода у ГП 37 (0,051 и 0,065 мкг/дм³), расположенного ниже Капшагайской плотины. Среди зарегистрированных конгенов более высокая встречаемость характерны для “маркерных” ПХБ 52 до 79%, и ПХБ 138, 153 – 33 и 38% соответственно. Достаточно высока встречаемость конгенов ПХБ 85 и 171 соответственно 58 и 63%. Более заметные колебания суммарной концентрации ПХБ по течению реки наблюдались в зимне-весенний период, летом и осенью значения этого показателя достаточно равномерны.

По материалам более подробных наблюдений, проведенных в 2024 г. в отношении характера трансформации токсиканта по течению реки, можно указать на некоторый рост суммарной концентрации ПХБ в воде у ГП 37 ниже Капшагайской плотины. Аналогичная динамика токсиканта регистрировалась при проведенных нами исследований в предыдущие годы. Основной причиной этих процессов является загрязнение Капшагайского водохранилища стоками ряда впадающих малых рек, которые протекают через города и крупные населенные пункты.

Основные притоки р. Иле для оценки уровня их загрязнения ПХБ изучались весной 2024 г. Суммарное содержание ПХБ в речных водах менялось в диапазонах 0,023-0,059 мкг/дм³. Максимальные концентрации токсиканта зарегистрированы в водах рек Шенгельды и Есик. Эти малые реки наряду с трансграничным стоком р. Иле, остаются основными загрязнителями ПХБ Капшагайского водохранилища, дельтовой зоны р. Иле и оз. Балкаш. Абсолютное содержание “маркерных” и диоксиноподобных конгенов варьировалось в пределах от 0,002 до 0,005 мкг/дм³. “Маркерные” конгены встречались в анализированных образцах воды в 5-21% случаев, а встречаемость диоксиноподобных конгенов составляла 4-13%. Аналогичные показатели встречаемости были отмечены в 2023 г.

Суммарная концентрация ПХБ в воде Капшагайского водохранилища менялось в интервале от 0,009 до 0,046 мкг/дм³, в среднем 0,026 мкг/дм³. В целом содержание токсиканта по акватории водоема характеризуется значениями одного порядка. Более повышенная его концентрация отмечается в воде южного побережья водоема ближе к плотине, в районе распространена стока рек Каскелен, Большая и Малая Алматинки. Достаточно высокая встречаемость высокотоксичных конгенов ПХБ 105 и 114 зарегистрирована в воде приплотинной зоны водохранилища.

Таким образом, на основе всего приведенного выше материала отметим, что КВ в течение многих лет подвергается загрязнению ПХБ. Основными источниками загрязнения ими водохранилища являются стоки впадающих в него ряда малых водотоков, которые, в свою очередь, подвергаются загрязнению источниками местного характера при протекании через города, крупные населенные пункты и трансграничный сток р. Иле.

Хлорорганические пестициды (ХОП) являются более характерными загрязнителями водных ресурсов р. Иле и КВ в течение многих лет в связи с использованием их в сельском

хозяйстве Казахстана и сопредельных государств. На трансграничном гидропосту у п. Добын пробы воды для анализа ХОП в первой половине 2024 г. отбирались ежемесячно.

В воде р. Иле, притекающей из территории КНР, зарегистрированы все основные виды ХОП. Суммарная их концентрация в трансграничном стоке составила в зимне-весенний период пределах 0,010-0,038 мкг/дм³, а в весеннее – летней от 0,014 до 0,039 мкг/дм³, т.е. по значению они были близки между собой. Встречаемость пестицидов в анализированных образцах в первом периоде изменялась в интервале 37-100 %, а во втором все найденные токсиканты, за исключением гексахлорбензола, имели 100 % встречаемость.

Эти данные свидетельствуют о том, что и на территории КНР широко используются различные виды высокотоксичных ядохимикатов. Поступление их на территорию Казахстана имеет место и во вне вегетационный период.

Суммарное содержание ХОП в воде р. Или на территории РК менялось в интервале зимой от 0,006 до 0,022 мкг/дм³, а летом (в июне) от 0,010 до 0,019 мкг/дм³. Следовательно интервал колебаний концентрации токсиканта в речной воде в отдельные периоды оказался небольшим. Распределение ХОП по течению реки в целом равномерно некоторое повышение их концентрации отмечается в воде гидропостов 164 км от Капшагайской плотины, ниже плотины и у ГП Ушжарма.

Исследование уровня пестицидного загрязнения малых рек (МР), впадающих в Капшагайское водохранилище, соответствии с Техническим заданием проекта, проводилось в марте 2024 г.

Суммарная концентрация пестицидов в речных водах менялась в пределах от 0,013 до 0,034 мкг/дм³, максимальные ее значения обнаружены в водах рек Есик и Тургень. В речных водах гексахлорбензол отсутствовал, однако все остальные изученные токсиканты зарегистрированы в воде всех малых рек, т.е. при 100 % встречаемости. Все это показатель того, что пестицидное загрязнение всех этих рек продолжается и в настоящее время. Основной причиной загрязнения водотоков бассейна р. Иле является использование этих препаратов в сельском хозяйстве региона.

Наблюдаемое загрязнение водных ресурсов всех МР в ранний весенний период свидетельствует о повышенном уровне накопленной используемых препаратов в почвах водосборной территории этих рек.

Основными источниками загрязнения ХОП КВ являются: трансграничный приток по р. Иле, приток пестицидов в водохранилище за счет их смыва с поверхности водосборных площадей и орошаемых территории в весенние периоды, а также поступление токсикантов по малым рекам как Шенгельды, Каскелен и др., впадающих в водохранилище. Поступление в водоемы бассейна р. Иле, в том числе в КВ ДДТ и ГХЦГ как показывают материалы 2023 и 2024 гг. продолжается и в настоящее время несмотря на то, что использование их давно запрещено во всем Мире.

2.3 Системный мониторинг гидрохимических и токсичных показателей

Среди водных объектов наибольшую экологическую уязвимость демонстрируют устьевые области рек, обладающие высокой биопродуктивностью и важной экологической ролью как геохимические барьеры. Эти экосистемы, богатые природными ресурсами – земельными, водными, биологическими, – часто подвергаются воздействию крупных водохозяйственных мероприятий без должного учета внутриводных процессов и возможных гидролого-экологических последствий [2]. Загрязнение поверхностных вод токсичными элементами (ТЭ) является одной из ключевых экологических проблем, требующей системного подхода к контролю и управлению водными ресурсами.

В условиях хронического антропогенного воздействия сохранение устойчивости водных экосистем требует анализа не только содержания токсичных соединений, но и исследования процессов их накопления и миграции в компонентах экосистем. Токсичные элементы, попадая в водные среды, аккумулируются в их компонентах, что может приводить к вторичному загрязнению и нарушать устойчивость экосистемы, оказывая

Системный мониторинг гидрохимических и токсичных показателей в бассейне реки Иле направлен на регулярное наблюдение за состоянием водных ресурсов в условиях антропогенного влияния. Основой мониторинга является организация постоянного отбора проб воды для гидрохимических и токсикологических анализов, что позволяет отслеживать динамику загрязнений на ключевых контрольных створах. Ключевые точки мониторинга в бассейне р. Иле приведены на рисунке 1.

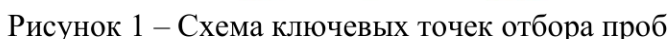


Таблица 3 – Системный мониторинг ключевых створов в бассейне р. Иле

Объект	Точки отбора	Период наблюдения	Количество
Трансграничный створ	ГП Добын	01.10.20023-11.09.2024	32
Р. Иле	1. ГП Добын	01.10.20023-11.09.2024	7
	2. 164 км выше рабочего поселка		6
	3. 37 км ниже ГЭС		7
	4. ГП Ушжарма		7
	5. ГП Жидели		7
Притоки	Р. Шелек	12.12.2023-18.03.2024	2
	Р. Тургень		2
	Р. Есик		2
	Р. Талгар		2

	Р. Каскелен		2
	Р. Шенгельди		2
Капшагайское вдхр.	Точка 1	01.10.20023-11.09.2024	2
	Точка 2		2
	Точка 3		2
	Точка 4		2
	Точка 5		2
	Точка 6		2
	Точка 7		2
	Точка 8		2
	Точка 9		2
	Точка 10		2
Итого	22	01.10.20023-11.09.2024	98

Для обеспечения комплексного подхода к оценке качества воды организована система отбора проб на трансграничном гидрологическом пункте Добын, где ежемесячно проводится анализ поступающей с территории Китая воды на гидрохимические и токсикологические показатели. Помимо этого, пробы воды собираются на других ключевых пунктах вдоль реки Иле, включая:

Гидропост 164 – после трансграничного участка;

Гидропост 37 км ниже Капшагайской ГЭС – для анализа воздействия гидротехнических сооружений на состав воды;

Гидропосты Ушжарма и район поселка Кокжиде – для оценки качества воды перед впадением реки Иле в озеро Балхаш.

Такая система точек наблюдений обеспечивает полное покрытие основных участков реки и позволяет отслеживать пространственно-временную динамику загрязняющих веществ.

Расширенный мониторинг на Капшагайском водохранилище и его притоках

В рамках данного проекта также выполняется расширенный мониторинг на Капшагайском водохранилище и его притоках. Весной организуется дополнительный отбор проб воды по всей акватории Капшагайского водохранилища и его основных притоков. Это позволяет получить всестороннюю оценку состояния воды водохранилища, выявить концентрацию загрязняющих веществ и их сезонную изменчивость. Данный этап дает возможность детализировать поведение токсичных элементов в водной экосистеме и проследить процессы их накопления и трансформации.

Особое внимание в рамках системного мониторинга уделяется определению стойких органических загрязнителей, таких как полихлорированные бифенилы (ПХБ), которые обладают высокой токсичностью и бионакапливаемостью. Системный мониторинг этих веществ позволяет не только отслеживать их концентрацию, но и разрабатывать меры по снижению риска их накопления в экосистемах р. Иле и Капшагайского водохранилища.

Системный мониторинг является необходимым для оценки динамики загрязняющих веществ и закономерностей антропогенной трансформации водных ресурсов. Он позволяет выявлять источники загрязнения, их влияние на качество воды и процессы самоочищения реки, а также учитывать воздействие этих факторов для расчета комплексного индекса загрязненности воды (ИЗВ) на контрольных створах. Эти данные служат основой для устойчивого управления водными ресурсами, направленного на поддержание экологической стабильности и предотвращение негативных последствий для биоты и населения региона.

2.4 Расчет индекса загрязненности воды (ИЗВ) на контрольных створах для учета влияния источников загрязнения и процессов самоочищения реки

Загрязняющие вещества в водотоки попадают в основном со сточными водами промышленного и сельскохозяйственного производства, а также коммунального и бытового хозяйства. Реки являются не только естественными дренами для водного стока,

но и вынужденными коллекторами всех сточных вод на своем водосборе. Если раньше в населенных пунктах при отсутствии или слабом развитии канализации большая часть хозяйственно-бытовых сточных вод очищалась естественным путем, фильтруясь через почву и породы, то в настоящее время, с ростом городов и развитием промышленного производства, включая предприятия среднего и малого бизнеса, сточным водам открыт беспрепятственный доступ в водные объекты через канализацию и сбросные каналы сельхозугодий. Особенно сильно загрязняются сравнительно небольшие, и средние реки, находящиеся в промышленных и густонаселенных районах. Хотя наиболее крупные предприятия по добыче и переработке минеральных и органических веществ имеют очистные сооружения, эффективность очистки, к сожалению, еще недостаточно высока [4]. Ряд исследователей отмечают, что, как правило, с ростом промышленного производства, например, тяжелых металлов, растет и загрязненность естественных и искусственных водоемов и водотоков. Поэтому вопросы о способности рек и водоемов к самоочищению и о допустимой нагрузке их сточными водами приобретают все возрастающее значение.

Направление и скорость процесса самоочищения зависит, прежде всего, от вида загрязнения (химические свойства, концентрация, природа загрязняющих веществ, их сочетание, взаимовлияние и взаимообусловленность и др.). Поэтому все процессы, приводящие к самоочищению вод от токсических и опасных веществ, можно разделить на три типа [5]:

1) химическое взаимодействие между загрязняющими ионами и различными катионами природных вод: реакции гидролиза и образования труднорастворимых веществ, окислительно-восстановительные процессы, образование комплексных соединений. Обычно первые три группы процессов ведут к снижению подвижности, например, тяжелых металлов, последняя - к увеличению подвижности;

2) взаимодействие загрязняющих веществ со взвешенными в воде веществами и донными отложениями, почвами водосборных бассейнов (сорбционно-десорбционные процессы);

3) биохимические процессы.

Считается убедительно доказанным фактом, что живые организмы могут накапливать значительные количества различных элементов. Так, в некоторых морских растениях и животных концентрация тяжелых металлов (например, Ni, Co, Cu, Zn, Cr, Mn) превышает содержание их в воде в сотни, тысячи, а иногда в десятки тысяч раз [6]. К.Б. Краускопф предположил, что биохимическое взаимодействие может играть решающую роль в концентрировании и сохранении в живых организмах отдельных тяжелых металлов [7].

На основании многолетних экспериментальных работ по исследованию поглощающей способности природных и химически чистых веществ, а также по влиянию сорбции на самоочищающую способность водных масс водоемов аридных зон, установлен именно этот фактор [8]. Данные, полученные Г. А. Соломиным и Т.О. Гончаровой, также свидетельствуют о том, что содержание ионов тяжелых металлов в водах, где присутствуют значительные количества железа и алюминия, уменьшается за счет адсорбции гидроксидами последних и в большей степени зависит от значений величины pH [5].

В природные водные объекты со сточными водами поступают загрязняющие вещества консервативного (например, хлориды, сульфаты) и неконсервативного (например, ряд органических веществ) характера. Как правило, самоочищение водных объектов от консервативных веществ происходит только за счет разбавления сточной жидкости природной водой, а неконсервативных - как разбавлением, так и процессами превращения веществ (химические, биологические, физико-химические, физические и др.), протекающими в реках, озерах, водохранилищах, прудах, морях.

Для расчета и оценки самоочищающей способности или степени самоочищения (СС) водных объектов или их участков от специфических загрязняющих веществ можно использовать приведенную ниже формулу [9].

Степень самоочищения, выражается в процентах убыли концентрации загрязняющего вещества относительно его первоначального значения:

$$CC = \frac{C_n - C_k}{C_n} 100\%, \quad (1)$$

где: C_n и C_k - концентрация загрязняющих веществ, в начальном и конечном створе соответственно, мг/дм³.

По данным ежемесячных исследований в рамках проекта качественное состояние воды р. Иле в среднем оценивается высоким уровнем загрязнения. Комплексный индекс загрязненности воды р. Иле изменяется в приграничном посту от 2,4 до 6,6, в 164 км выше рабочего поселка от 2,2 до 6,2, в 37 км ниже Капшагайской ГЭС от 2,9 до 7,2, в замыкающем створе от 2,5 до 4,8 (рисунок 2).

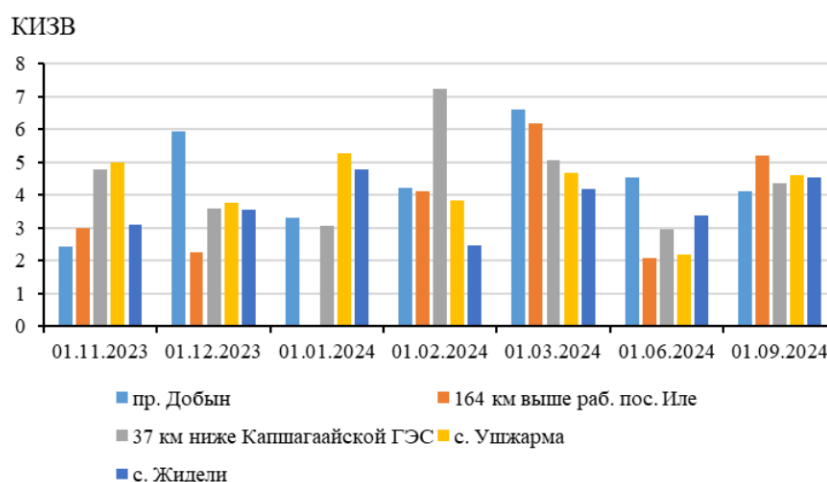


Рисунок 2 – Динамика КИЗВ по течению реки Иле

За период с октября 2023 г. по сентябрь 2024 г. по течению реки превышения нормативных показателей зафиксированы из биогенных веществ по фосфатам и в единичных случаях по азоту нитриту. В содержаниях тяжелых металлов превышения рыбохозяйственных нормативов во всех отобранных пробах зафиксированы по меди, кобальту и никелю. Содержания остальных микроэлементов периодически превышают норму. Максимальные превышения ПДК в речной воде концентрации цинка (8,0-8,5 ПДК) выявлены в сентябре на гидропостах 37 ниже Капшагайской ГЭС и с. Ушжарма, свинца в феврале (1,5 ПДК) на ГП пр. Добын и 164 км выше рабочего поселка, кадмия до 2,7 ПДК в октябре 2023 г. в приграничном посту. В целом качество воды р. Иле относится к третьему классу «высокого уровня загрязнения». Таким образом, приведенные данные по качеству воды показывают, что гидрохимический режим реки по течению не отвечает требованиям санитарной чистоты для рыбного хозяйства, рекреации.

Расчет самоочищающей способности р. Или до Капшагайского водохранилища производился между створами пр. Добын и 164 км выше ГЭС, после водохранилища между ГП 37 ниже ГЭС и Жидели, с учетом влияния Капшагайского водохранилища между пр. Добын и 37 км, в целом по течение реки от приграничного поста и замыкающего створа (с. Жидели). Первый пункт – это начальный, а второй - конечный створ, соответственно. Во многих случаях концентрация загрязняющих веществ в нижнем створе превышала исходную, поэтому показатели самоочищающей способности этих участков были получены с отрицательным знаком, что означает отсутствие самоочищения. Процесс самоочищения были рассчитаны по основным загрязнителям, т.е. по элементам, которые превышают собственные ПДК. Полученные значения СС с отрицательным знаком связаны

с антропогенным воздействием, с поступлением сточных либо коллекторных вод на этих участках.

Самоочищение водных масс до Капшагайского водохранилища происходит в меньшей степени от азота нитритного (10 %) в летний период, от цинка (8 %) в зимний период, от меди (5 %) и кобальта (7 %) в осенний период. Самоочищение от биогенных веществ происходит на 23,0-76 %, от цинка, свинца и кадмия на 16-95 %. От соединений меди, кобальта и никеля самоочищающий процесс не происходит, вероятно источников загрязнения от этих элементов являются антропогенный фактор (рисунок 3).

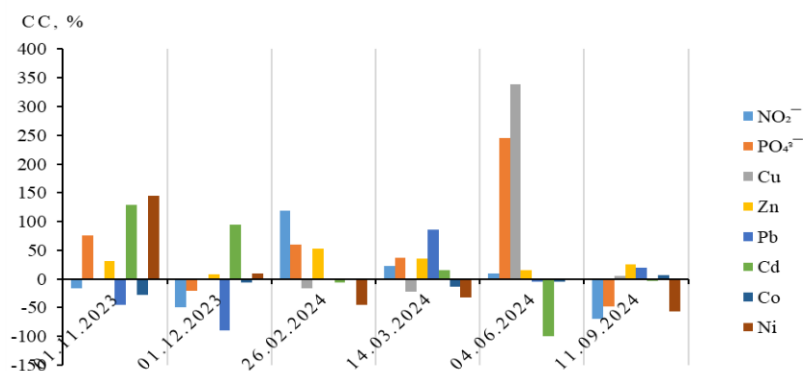


Рисунок 3 – Степень самоочищения воды р. Иле на участке между створами пр. Добын и 164 км выше ГЭС

Самоочищение водных масс после Капшагайского водохранилища происходит в наблюдаемый период только от свинца 32-60 %, от азота нитритного, фосфатов, никеля и меди происходит в зимний период 43-100%, от цинка только в теплый период 10-47 % (рисунок 4).

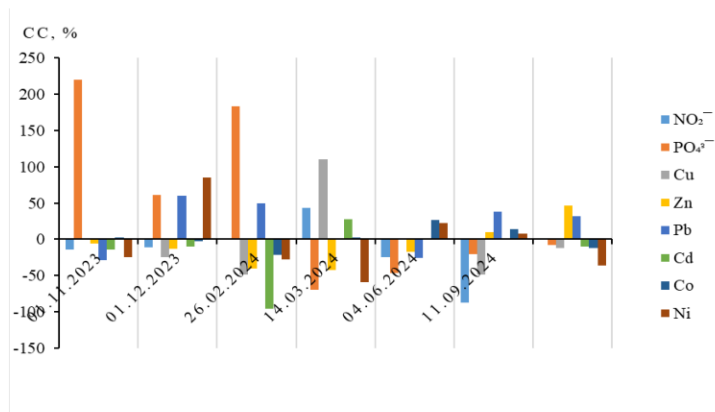


Рисунок 4 – Степень самоочищения воды р. Иле на участке между створами ГП 37 ниже ГЭС и с. Жидели

Влияние водохранилища на самоочищающую способность было определено с расчетом СС между створами ГП Добын и ГП 37 км ниже ГЭС. По сравнению с предыдущими расчетами самоочищение водных масс в этом участке происходит значительно интенсивнее. В меньшей степени самоочищение от азота нитритного и меди составляет 17%, от свинца 4%, кобальта 5%. С отрицательным знаком значение СС минимальный, что означает о влиянии седиментационных процессов на концентрации загрязняющих веществ. В наблюдаемый период самоочищение реки от биогенных веществ составляет 17-100 %, тяжелых металлов 12-100% (рисунок 5).

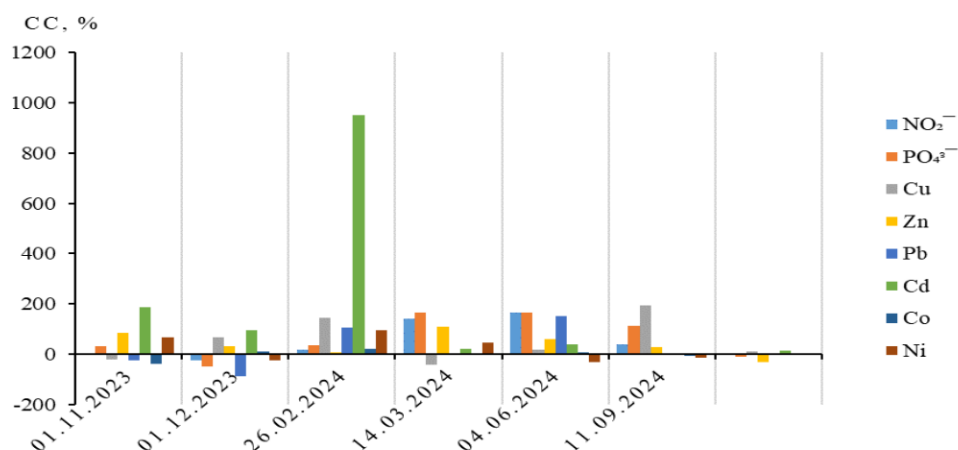


Рисунок 5 – Степень самоочищения воды р. Иле на участке между створами пр. Добын и ГП 37 ниже ГЭС

В целом от границы с КНР до замыкающего створа самоочищение водных масс от азота нитритного удовлетворительное 17-100%, за исключением ноябрь и декабрь 2023 г., который составило 14-33 %, с отрицательным знаком. Самоочищение воды от тяжелых металлов происходит: меди 17-49%, цинка 14-75%, свинца 4-86%, кадмий 4-76%, кобальта 3-34%, никеля 25-41% (рисунок 6).

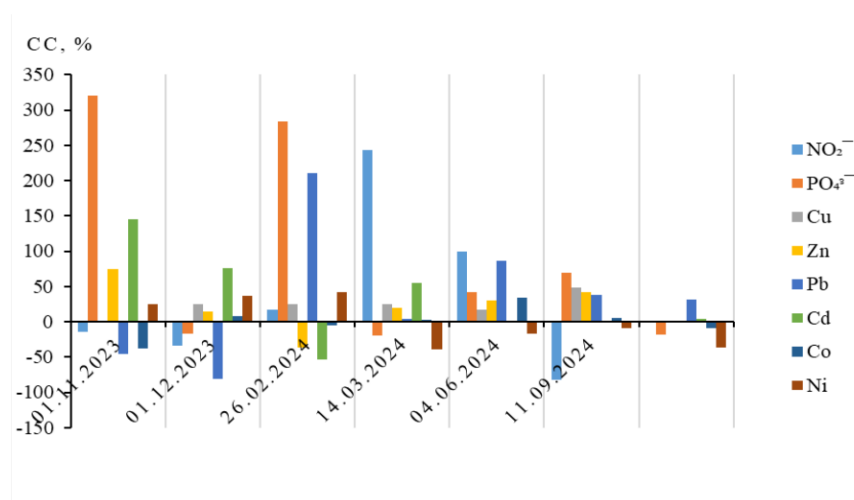


Рисунок 6 – Степень самоочищения воды р. Иле на участке между створами пр. Добын и с. Жидели

Способность р. Иле к самоочищению не стабильна и, прежде всего, зависит от объема вносимых загрязнителей притоками на протяжении реки поверхностным стоком поселков и орошаемых земель; утратившие способность к самоочищению. Из проведенных расчетов было выявлено, что на участке с приграничного створа до 37 км ниже ГЭС, самоочищающий процесс происходит лучше, чем в других участках, обусловленный значительным вкладом Капшагайского водохранилища. Вода, поступившая в водохранилище, попадет под влияние естественных факторов и постепенно очищается от попавших в них загрязнений. Происходит процесс сортировки твердых частиц по их удельному весу (оседание их на дно), распределения загрязнения в массе воды водоема, что ведет к более тесному соприкосновению загрязнения с растворенным в воде кислородом, который является одним из существенных агентов в процессе минерализации органического вещества, химических процессов обмена и окисления продуктов распада и седиментация их при осаждении взвешенных в воде частиц на дно.

Список использованных источников

1. «Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов» (№ 12-04-11 от 27.12.1991 г.).
2. Никаноров А.М., Брызгалов В.А. Реки России. Часть II. Реки Европейского Севера и Сибири (гидрохимия и гидроэкология). – Ростов/Д. 2010. – 296 с
3. Голубева Е. М. Экосистемный подход к оценке загрязнения реки Амур токсичными элементами : диссертация к.б.н. Хабаровск, 2012. – 163 с.
4. С.М. Романова, Айс. Турсунова. К вопросу о самоочищающей способности речных вод Казахстана. Гидрометеорология и экология №2. 2010. С. 110-120.
5. Соломин Г.А., Гончарова Т.О. Роль гидроокисей в самоочищении природных вод от ионов тяжелых металлов // Гидрохимические материалы. Том 46. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – С. 143-149.
5. Black W.A.P., Mitchell R.L. Tracce elements in the common brown algae and in sea water. J. Marine Biol. Assoc., v.30, pp.574-584, 1982
6. Krauskopf K.B. Factors controlling the concentrations of thirteen rare metals in sea water. Geochim. Et Cosmochim. Acta, v.9, N 1/2, 1986.
7. Романова С.М. Бессточные водоемы Казахстана. Том 1. Гидрохимический режим. - Алматы: КазНУ 2008. – 250 с.
8. Справочник по гидрохимии / Под ред. А.М.Никанорова. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. - 391 с.