

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ЭКОСИСТЕМЕ РЕКИ КОЛЫМА

HEAVY METALS
IN THE KOLYMA RIVER ECOSYSTEM

M. Tyaptirgyanov

Summary. This article discusses the problems of anthropogenic influence on aquatic biota, including mining, household wastewater, which led to the eutrophication of one of the major river systems of northern Asia — the Kolyma River. Questions about the ways of migration and accumulation of heavy metals in the aquatic ecosystem are very relevant for the reservoirs of Yakutia, where mining is carried out. In the Kolyma river, many heavy metals and their compounds were characteristic pollutants. The excess of MPC ranged from 50–100% of the water sample, ranging from 1 to 3 MPC in terms of mercury, cadmium and lead. Violation of the temperature optimum negatively affected salmon and whitefish species. A powerful anthropogenic impact on aquatic ecosystems has led to a significant decrease in the proportion of whitefish and an increase in perch-carp fish. The issues raised do not cover the full extent of the study of the problem of the sustainability of aquatic ecosystems and the forecast of man-made impacts and require further comprehensive research by a wide range of specialists of the Magadan region and the Republic of Yakutia.

Keywords: heavy metals, toxicity, eutrophication, highly mineralized discharges, mercury, cadmium, lead, trophicity, maximum permissible concentrations (MPC), anomalies in development.

Тяптурьянов Матвей Матвеевич

Д.б.н., профессор Института естественных наук
Северо-Восточного федерального университета
им. М.К. Аммосова
matyap@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрены проблемы антропогенного влияния на водную биоту, к ним относятся горнодобывающее производство, хозяйственно-бытовые стоки, что повлекло за собой эвтрофикацию одной из крупных речных систем северной Азии — реки Колымы. Вопросы о путях миграций и накопления тяжелых металлов в водной экосистеме весьма актуальны для водоемов Якутии, где ведется добыча полезных ископаемых. В р. Колыма характерным загрязняющим веществам относились многие тяжелые металлы и их соединения. Превышение ПДК колебалось в пределах 50–100% пробы воды, составляя от 1 до 3 ПДК по содержанию ртути, кадмия и свинца. Нарушение температурного оптимума отрицательно сказалось на лососевых и сиговых видах рыб. Мощное антропогенное влияние на водные экосистемы привело к существенному снижению доли сиговых и возрастанию окунево-карповых рыб. Затронутые вопросы не охватывают всей полноты изученности проблемы устойчивости водных экосистем и прогноза техногенного воздействия и требуют дальнейших комплексных исследований со стороны широкого круга специалистов Магаданской области и Республики Якутия.

Ключевые слова: тяжелые металлы, токсичность, эвтрофирование, высокоминерализованные сбросы, ртуть, кадмий, свинец, трофность, предельно допустимые концентрации, аномалии в развитии.

Введение

Река Колыма образуется слиянием рек Кулу и Аян-Юрх, берущих начало в отрогах хребта Черского и впадает в Восточно-Сибирское море. От места слияния до устья Колыма имеет продолжительность 2129 км, площадь водосбора — 643 тыс. км², в том числе дельты — 13400 км². В верхнем течении, до устья р. Бахапча, течет в узкой и глубокой долине; в русле местами шиверы и пороги, особенно значительные (Прижимающий и Длинный) — выше устья р. Бахапчи. Справа впадает р. Детрин. В среднем течении Колымы долина широкая. Основные притоки: справа — Буюнда, Балагачан, Сугой, Коркодон; слева — Сеймчан. В нижнем течении на протяжении 1150 км протекает по Колымской низменности, левый берег низменный, правый — местами гористый. Русло извилистое и разбивается на рукава. Наиболее крупные притоки: Поповка, Ясачная, Ожогина, Седедема — слева; Березовка, Омолон, Анюй — справа. Впадает в Колымский залив Восточно-Сибирского моря тремя главными про-

токами: Колымской (Команной), правой, судоходной, Походской и Чукочьей. Длина дельты 110 км, площадь 3000 км². Питание смешанное: снеговое (47%), дождевое (42%) и подземное (11%). Половодье с середины мая по сентябрь. Размах колебания уровня до 14 м. Средний расход воды у г. Среднеколымска (641 км от устья) 2250 м³/сек, наибольший — 25100 м³/сек (июнь), наименьший — 23,5 м³/сек (апрель). Годовой сток в устье 123 км³ (3900 м³/сек). Среднегодовой сток наносов 5,5 млн. т. Замерзает в середине октября, реже в конце сентября. Перед ледоставом ледоход и шугоход продолжительностью от 2 суток до месяца, зазоры. Зимой наледи, русловые и обширные грунтовые. Вскрывается во второй половине мая, начале июня. Ледоход длится от 2 до 18 суток, сопровождается заторами. Колыма судоходна от устья р. Бахапча, навигация 3–3,5 месяца [1]. В бассейне Колымы из полезных ископаемых, в основном, — золото [2, 3].

Основные рыбопромысловые участки северо-востока Якутии расположены на административной тер-

ритории Нижнеколымского района, где общая площадь водоемов (рек, проток, висок, озер) составляет 14566 км². Общий рыбохозяйственный фонд представлен 16 реками и 2 крупными протоками: Стадухинской, протяженностью 254 км и Чукочьей — 60 км [4].

Площадь рыбохозяйственного фонда озер — 12716 км². Протяженность береговой линии Восточно-Сибирского моря, омывающего его северную часть, составляет 560 км, а его площадь — 913 тыс. км² [4].

Эти реки используются для лесосплава, в интересах рыбного хозяйства (рыболовство и рыбоводство) и рекреации.

Результаты и обсуждение

Известно, что сточные воды горноперерабатывающих производств изменяют физико-химические параметры водоемов и создают новое качество — токсичность среды обитания. Дымовые выбросы предприятий оловорудной, золото- и алмазодобывающей промышленности загрязняют территории водосборов рек органическими и неорганическими солями и тяжелыми металлами, которые поступают в реки с талыми водами и дождевыми осадками. Результаты исследования показали, что сброс минерализованных вод из временного накопителя и дренажных полигонов оказывает определенное влияние на формирование гидрохимического режима обследованного водоема. Хозяйственно-бытовые стоки городов и поселков, а также животноводческих ферм (песец, лисица, нутрия, крупный рогатый и мелкий скот и др.) вносят биогенные элементы и способствуют эвтрофированию северных водоемов. Химический состав их вод находится под прямым воздействием высокоминерализованных сбросов. В результате химический состав воды изменился с гидрокарбонатно-кальциевого на хлоридно-натриевый.

Изменение абиотических параметров некоторых водоемов России, имеющих различную направленность и степень проявления, повлекло за собой изменение водных сообществ [5, 6, 7, 8, 9, 10]. Вопросы о путях миграций и накопления тяжелых металлов в водной экосистеме весьма актуальны для водоемов Якутии, где ведется добыча полезных ископаемых. Уровни накопления металлов в организмах рыб и беспозвоночных остаются неизменными несколько лет, повторное их загрязнение может проходить в воде и в донных отложениях. В р. Колыма характерным загрязняющим веществам относились азот аммонийный, соединения меди, ртути, кадмия, свинца, марганца, фенолы и легкоокисляемые органические вещества превышение ПДК колебалось в пределах 50–100% пробы воды, составляя в среднем от 1 до 3 ПДК по содержанию рыб — по ртути, кадмию и свинцу.

В целом структурные изменения в сообществах водных беспозвоночных организмов при антропогенном прессе сводятся к выпадению их из списка видов, ранее существовавших типичных представителей фауны северных водоемов, либо их полной замене, например, солоноватоводными организмами [11].

Интенсивное развитие горнодобывающей промышленности и ее инфраструктур в начале 60-х гг. прошлого столетия на Северо-Востоке России требовало значительного увеличения мощности энергообеспечения. Использование для этих целей гидроэлектростанций, весьма эффективных и надежных источников энергии, не вызвало никаких сомнений. Отсутствие скрупулезных экологических экспертиз на стадии проектной документации не могло дать объективных прогнозных оценок влияния зарегулирования крупных рек на структуру и функционирование весьма хрупких природных экосистем, в т.ч. и водных, в условиях криолитозоны [11].

Известно, что водохранилища, хотя и являются результатом деятельности человека, обладают многими свойствами естественных водоемов [11]. Мощное антропогенное влияние последних десятилетий (загрязнения, разрушение нерестилищ, селективный промысел, интродукция чужеродных видов и др.) на водные экосистемы, нарушившие исторически сложившуюся структуру рыбного населения в Колымском бассейне, привело к существенному снижению доли сиговых и возрастанию окунево-карповых рыб. В нижнем бьефе изменение экологической обстановки привело к полному уничтожению крупных нерестилищ сибирского осетра.

Снижение уровня воды к весне на 7–8 м в результате сработки сливной линзы приводит к тому, что лед оседает на наиболее продуктивной части мелководья, удобной для размножения осенненерестующих рыб. Икра, отложенная на двух-трехметровой глубине, погибает, и пополнение популяций за счет естественного воспроизводства становится невозможным [11, 12, 13].

В нижнем бьефе р. Колыма изменилась экология аборигенных видов рыб: динамика возрастного состава, абсолютная и относительная плодовитость, сроки полового созревания, нереста, и др. часто встречались рыбы (щука, окунь, плотва) с аномалиями в развитии (укороченное рыло, деформированный позвоночник и др.) [11].

На примере, Колымского водохранилища, можно сказать, что с момента заполнения ложа водохранилища началась эвтрофикация водоема за счет поступления большого количества биогенных элементов из по-

чвы и растительности, что привело к повышению его трофического статуса. В свою очередь, увеличение трофности обусловило сукцессию фауны рыб, известную для северных водоемов последовательной сменой лососевого комплекса на сиговый, затем на сигово-щучье-окуневый с последующим переходом к карповому. Например, этот процесс был многократно ускорен рыболовством (биологическая форма воздействия), определившим промысловую сукцессию рыб и превратившим в окунево-плотвичный водоем [14, 15].

Значительные изменения в рыбном сообществе произошли и в нижнем течении Колымы. Сказалось влияние кардинального изменения объема годового стока реки [10, 16, 17, 18]. До зарегулирования реки весенний паводок обеспечивал свыше 70% годового расхода воды, зимой сток сокращался до 20%. После строительства плотины ГЭС основная часть стока за счет сработки сливной линзы переместилась на зимний сезон — 58%, весенний сток составляет 16%, летний — 10% и осенний — 16% годового. Следствием перераспределения стока явилось тепловое загрязнение реки в результате сброса через турбины ГЭС холодной воды летом и относительно теплой зимой. Тепловой сток в нижнем бьефе реки уменьшился на 110×10^9 кВт ч/год. Нарушение температурного оптимума отрицательно сказалось на лососевых (ленок, таймень) и сиговых (нельма, пыжьян) видах рыб. Эвритермные виды (плотва, окунь) оказались в благоприятных условиях, а увеличение их численности только усугубило положение stenotherмных видов рыб.

Вместе с тем уменьшение весеннего стока изменило уровень паводка, площадь затопляемых прибрежных и количество нерестовых участков весенне-нерестующих видов рыб. На эвритермные короткоцикловые виды рыб перераспределение годового стока оказывает двоякое действие: с одной стороны, создает благоприятные условия для обитания, с другой, ухудшает условия воспроизводства [11, 19].

Тепловое загрязнение нижнего бьефа Колымы сопровождается химическим. Особенно ярко химическая форма воздействия на ихтиофауну была выражена в период формирования водохранилища и сброса в нижний бьеф воды с высоким содержанием фенолов [11, 13, 15].

И еще одна форма антропогенного воздействия на рыб (физическая), появившаяся в результате зарегулирования стока, — действие турбин Колымского каскада ГЭС. При скате через турбины наблюдаются механические (раны, обрывы плавников) и биологические (разрыв плавательного пузыря, кровоизлияние) повреждения, аномальное поведение (нарушение ори-

ентации, двигательной активности, реакции на раздражители) [4, 9, 18].

Зарегулирование речного стока Колымы в энергетических целях изначально является физической формой антропогенного воздействия на биологические объекты и, прежде всего, на рыб. Однако, как видно из приведенных примеров, перекрытие реки плотиной ГЭС обусловило включение и остальных форм — химической и биологической. Отрицательное действие на гидробионтов, идет сразу по нескольким направлениям, обостряя общую стрессовую ситуацию в речной экосистеме [19].

Стрессовое влияние ГЭС на рыб в нижнем Колыме усиливается жестким прессом техногенного воздействия золотодобывающей промышленности.

Химическое воздействие на гидробионтов увеличивается сбросом токсических веществ, входящих в состав сбросных вод. Они включают соли стронция, хрома, лития и другие высокотоксичные вещества. Токсиканты депонируются в мышцах и органах рыб, продукты питания из которых становятся опасными для человека.

Результаты исследований показывают, что при зарегулировании речного стока (Вилуйская и Колымская ГЭС) пики половодий и летних паводков резко срезаются, устраняя тем самым условия затопления пойменных озер и низин (до 50%) — основных биотопов нагула туподной ихтиофауны и воспроизводства весенне-нерестующих рыб. Отсутствие озерно-речной связи также препятствует выходу из озер половозрелой части популяции чира, пеляди, тем самым приводит в напряженное состояние их запасы, особенно, в бассейне Колымы [11, 12].

Верхний бьеф водохранилища является механическим барьером на пути миграции твердых стоков, вызывая стойкое изменение руслообразующих процессов и качества воды на значительном расстоянии речной системы, с обваловкой берегов и резким сокращением литеральной зоны — наиболее продуктивных участков, как в кормовом, так и в нерестовом отношении для рыбного населения [20]. Плотина ГЭС в целом ограничивает качественный состав ихтиофауны, препятствует прохождению нерестовой миграции ценных промысловых рыб — сибирского осетра, нельмы и чира для р. Колыма, запасы которых в настоящее время находятся в катастрофическом состоянии, а также кеты и горбуши.

Затопление огромных лесных площадей без предварительной очистки ложа водохранилищ Колымской ГЭС вызвала существенные изменения качества воды,

образование обширных бескислородных зон и, как следствие, угнетение жизнедеятельности водной биоты на всех уровнях трофических цепей [4, 10, 15, 16].

На водную биоту большое физиологическое влияние оказывает изменение термического режима воды, связанное с созданием водохранилища и регулированием сезонного стока реки. Выявлено, что в первую половину безледного периода водохранилище оказывает на воду нижнего бьефа охлаждающее влияние, во второй и зимний периоды — тепляющее на расстоянии до 1000 и более километров. Эффект низких температур в нерестовый период для весенне-нерестующих рыб выражается в запоздании сроков нереста на 30–40 суток, как видно из Вилюйского водохранилища. Осенне-зимнее повышение температуры, наоборот, провоцирует не только более ранний по сроку выклев личинок сиговых рыб и налима, обрекая их на значительную элиминацию, но и поздние сроки нерестового подъема сибирской ряпушки и омуля Колымы, что значительно снижает показатели рыбодобычи указанных видов [10, 15].

Заключение

Результаты исследований показывают, что при регулировании речного стока пики половодий и летних павод-

ков резко «срезаются». Плотины ГЭС в целом ограничивают качественный состав ихтиофауны, отсутствует прохождение нерестовой миграции ценных промысловых рыб. Затопление огромных лесных площадей без предварительной очистки ложа вызывает существенные изменения качества воды, образование обширных бескислородных зон и, как следствие, угнетение жизнедеятельности водной биоты на всех уровнях трофических цепей.

При заполнении ложа водохранилища глубоко под воду ушли основные нерестовые площади чира, сига-пыжьяна и потеряли свое значение как репродуктивные центры популяции этих видов рыб.

Сферы деятельности народного хозяйства является еще одним мощным источником комплексного антропогенного воздействия (физического, химического и биологического) на фауны рыб Якутии.

Затронутые вопросы не охватывают всей полноты изученности проблемы устойчивости водных экосистем и прогноза при широкомасштабном техногенном воздействии в условиях многолетней мерзлоты и требуют дальнейших комплексных исследований со стороны широкого круга специалистов Магаданской области и Республики Якутия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чистяков Г.Е. Водные ресурсы рек Якутии. — М.: Наука, 1964. — 255 с.
2. Ресурсы поверхностных вод. — Л.: Гидрометеиздат, 1969. — Т. 19. — 284 с.
3. Север Дальнего Востока / Под ред. Н.А. Шило. — М.: Наука, 1970. — 488 с.
4. Новиков А.С. Рыбы реки Колымы. — М.: Наука, 1966. — 136 с.
5. Безматерных Д.М. Влияние антропогенного загрязнения на структуру макрозообентоса реки Барнаулки (бассейн Верхней Оби). — Водные ресурсы, т. 45, № 1, 2018. — С. 52–61.
6. Скрипкина Т.С., Бычков А.Л., Смоляков Б.С. и др. Изменение продуктивности фитопланктона при введении в экосистему тяжелых металлов и последующей очистке гуминовым сорбентом. — Водные ресурсы, т. 46, № 2, 2019. — С. 207–213.
7. Харина Г.В., Алешина Л.В. Оценка загрязнения питьевой воды Свердловской области тяжелыми металлами. — Водное хозяйство России, № 1, 2020. — С. 124–134.
8. Богомолов А.В., Лепехин А.П., Ляхин Ю.С. и др. К вопросу оценки качества воды Аргазинского водохранилища. — Водное хозяйство России, № 1, 2021. — С. 6–23.
9. Маргарян В.Г., Саядян О.Я., Гайдукова Е.В. и др. Влияние отходов животноводства на экологическое состояние речных систем бассейна озера Севан. — Водное хозяйство России, № 5, 2022. — С. 107–118.
10. Тяптиргянов М.М. Изменение рыбного населения пресноводных водоемов Якутии в условиях антропогенного загрязнения. — М., 2016. — 308 с.
11. Тяптиргянов М.М. Влияние гидросооружений на запасы сиговых рыб в условиях Крайнего Севера (на примере Вилюйской ГЭС) // IV Всесоюз. Сопровождение по биологии и биотехнике разведения сиговых рыб. — Л., 1990. — С. 106–107.
12. Тяптиргянов М.М. К анализу происходящих изменений в структуре рыбной части сообщества в водоемах Якутии (под воздействием антропогенного фактора) // Зоогеографические и экологические исследования животных Якутии. — Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1992. — С. 17–25.
13. Кириллов Ф.Н., Тяптиргянов М.М., Кириллов А.Ф. Промысловая и популяционные аспекты рыб Вилюйского водохранилища // Биологические проблемы Севера (Материалы 6 симпозиума). — Якутск, 1974. — С. 60–67.
14. Кириллов Ф.Н., Кириллов А.Ф., Лабутина Т.М. и др. Биология Вилюйского водохранилища. — Новосибирск: Наука, 1979. — 271 с.
15. Кириллов Ф.Н. Рыбы Якутии. — М.: Изд-во: Наука, 1972. — 358 с.
16. Оловин Б.А., Колмаков Б.И., Федоряк В.И. Техногенные изменения природных условий в системе гидроузлов — среда на Крайнем Севере // Влияние ГЭС на окружающую среду в условиях Крайнего Севера. Сборник научных трудов. — Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1987. — С. 42–57.

17. Тяптиргянов М.М., Кириллов А.Ф., Ларионов С.В. Влияние качества воды на ихтиофауну нижнего бьефа реки Вилюй // Вопросы региональной гигиены, санитарии и эпидемиологии. — Якутск, 1990. — С. 225–227.
18. Саввинов Д.Д., Тяптиргянов М.М., Кривошапкин В.Г. и др. Экология бассейна реки Вилюй: промышленное загрязнение. — Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1992. — 119 с.
19. Кириллов А.Ф. Промысловые рыбы Вилюйского водохранилища. — Якутск: ЯНЦ СО АН СССР, 1989. — 108 с.
20. Ильина Л.К., Гордеев Н.А. Значение уровня режима для рыбного хозяйства водохранилищ // Водн. ресурсы. — 1980. — № 2. — С. 123–136.

© Тяптиргянов Матвей Матвеевич (matyap@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Северо-восточный федеральный университет им М.К. Аммосова