

Контроль и охрана состояния
водной среды и биоресурсов

УДК 628.394.6:597.55.3(571.66)

Обзор результатов исследований состояния лососёвых
водных объектов с различной степенью антропогенной нагрузки
в Камчатском крае

Т.Л. Введенская, А.В. Улатов

Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ
«КамчатНИРО», г. Петропавловск-Камчатский)
E-mail: vvedenskaya.t.l@kamniro.ru

Рыболовство и рыбообрабатывающая промышленность в настоящее время — основные отрасли экономики Камчатского края (19% ВРП, 60,5% промышленного производства, 75% экспорта), при этом от 30 до 40% всех доходов рыбной промышленности обеспечивает лососёвый промысел. Гарантией устойчивого развития рыбной отрасли Камчатки является сохранение лососёвых водных объектов, нерестовый фонд которых способен ежегодно воспроизводить около 1 млн т лососей, из которых до 600 тыс. т можно вылавливать без ущерба для воспроизводства. Однако, в связи с активизацией различных видов хозяйственной деятельности в бассейнах лососёвых рек возникает угроза деградации нерестового фонда лососей, и рыбохозяйственный потенциал края может быть существенно снижен. Эколого-рыбохозяйственные исследования проводились в реках и озёрах Камчатского края, находящихся в зонах антропогенного воздействия. В работе проанализированы последствия для лососёвых водных объектов разработки месторождений (бассейны рек Вывенка, Ича, Озёрная, Асача), строительства и эксплуатации газопровода (бассейны рек Колпакова, Брюмка, Воровская, Удова, Кехта, Коль, Пымта, Кихчик, Хомутина, Утка, Большая, Авача), использования объектов геотермальной энергетики (бассейн реки Фальшивая) и гидроэнергетики (бассейн р. Камчатка), а также деградации водных объектов в результате застройки селитебных зон на водосборной территории (бассейны рек Авача, Паратунка, Халактырка). Основной вывод исследования — необходимость непрерывного ежегодного эколого-рыбохозяйственного мониторинга, учёта структуры и устойчивости экосистем к антропогенным нагрузкам, применения наилучших доступных технологий, соблюдения природоохранных, эколого-рыбохозяйственных, рыбоводно-мелиоративных требований к хозяйственной и иной деятельности, их адаптация к условиям Камчатки.

Ключевые слова: зообентос, россыпные и рудные месторождения, лососёвые водные объекты, газопровод, рыбохозяйственная категория, хвостохранилища, загрязняющие вещества, оценка воздействия.

ВВЕДЕНИЕ

Рыболовство и рыбообрабатывающая промышленность — основная отрасль экономики Камчатского края (19% валового регионально-

го продукта, 60,5% промышленного производства и 75% экспорта), при этом от 30 до 40% всех доходов рыбной промышленности обеспечивает лососёвый промысел. Вылов лососей в

1992–2013 гг. составлял 51,2–254,7 тыс. т. Исторический максимум наблюдался в тридцатые годы прошлого столетия, когда советские и японские рыбаки ежегодно добывали от 270 до 450 тыс. т.

Гарантией устойчивого развития рыбной отрасли Камчатки является сохранение лососёвых водных объектов, нерестовый фонд которых способен ежегодно воспроизводить около 1 млн т лососей, из которых до 600 тыс. т можно вылавливать без ущерба для воспроизводства [Ресурсный..., 1994]. Однако, в связи с активизацией различных видов хозяйственной деятельности в бассейнах лососёвых рек, в частности с разработкой полезных ископаемых, возникает угроза деградации нерестового фонда лососей, и рыбохозяйственный потенциал края может быть существенно снижен.

Нерестовый фонд лососей Камчатки по фондовым данным КамчатНИРО [Остроумов, 1995] составляет 400–500 км², что в 10–14 раз больше чем в Сахалинской области — втором регионе по воспроизводству лососей на Дальнем Востоке. В соответствии с Приказом Росрыболовства от 17.09.2009 № 818 «Об установлении категорий водных объектов рыбохозяйственного значения и особенностей добычи (вылова) водных биологических ресурсов, обитающих в них и отнесённых к объектам рыболовства» подавляющее большинство водных объектов Камчатки относится к высшей категории рыбохозяйственного значения, в связи с чем прокладывать дороги и трубопроводы, разрабатывать месторождения, осуществлять иную хозяйственную деятельность, не затрагивая рыбохозяйственные водные объекты и их водоохранные зоны, практически невозможно. Тем не менее, согласно стратегии социально-экономического развития, принятой правительством Камчатского края на перспективу до 2025 г., одной из важнейших отраслей экономики региона признана горнорудная промышленность, предполагается промышленное освоение более десятка рудных месторождений: золотосеребряных, медно-никелевых, платиноидов. В таких условиях особую актуальность приобретает сохранение баланса интересов рыбной и горнорудной промышленности, обеспечение своевременной регистрации и перспективного прогнозирования состояния лососёвых водоёмов Камчатки.

В работе представлена оценка экологических и рыбохозяйственных последствий для лососёвых водных объектов Камчатки в условиях антропогенного воздействия, включая разработку месторождений, строительство и эксплуатацию газопровода и использование геотермальной энергии. Работа носит обзорный характер и в ней рассмотрены многолетние данные как самих авторов, так и другие опубликованные работы по этой теме.

Эколого-рыбохозяйственные исследования проводились в реках и озёрах Камчатки, находящихся в зонах антропогенного воздействия (рис. 1).

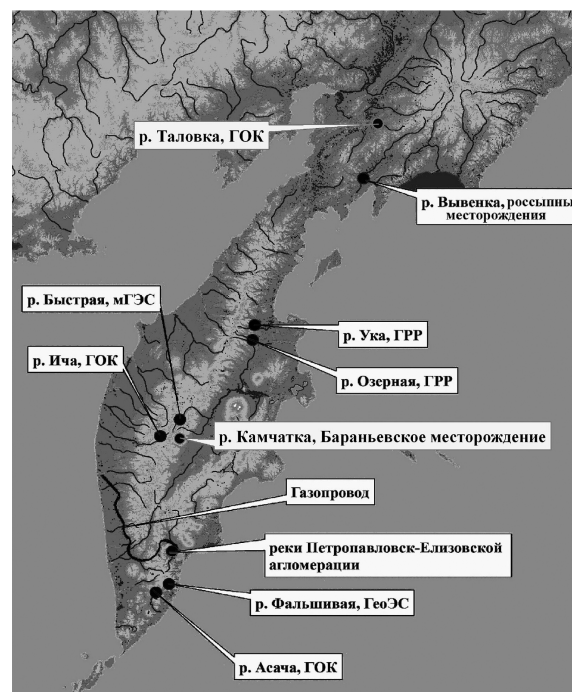


Рис. 1. Карта-схема водных объектов, находящихся в зоне антропогенного воздействия. ГОК — горно-обогатительный комбинат; ГРР — геологоразведочные работы; ГеоЭС — геотермальная электростанция; мГЭС — малая гидроэлектростанция

Воздействие разработок месторождений.

Деятельность горно-обогатительных комбинатов (ГОК) — крупномасштабная добыча, извлечение и обогащение на месте металлических руд и угля — включена в перечень 17 наиболее опасных видов промышленной деятельности, наряду с переработкой радиоактивных отходов [Pollution..., 1998]. В результате деятельности ГОК растёт количество опасных промышленных отходов, проблема их складирования и за-

хоронения становится всё актуальнее. Гидротехнические сооружения, предназначенные для накопления и длительного хранения (захоронения) указанных отходов должны соответствовать современным экологическим требованиям и быть достаточно надёжными и безопасными. Вместе с тем во многих регионах России, в т.ч. на Камчатке, сложилась крайне неудовлетворительная и деструктивная практика размещения опасных и особо опасных производственных объектов, включая хвостохранилища, в экологически уязвимых зонах, зачастую непосредственно в руслах и водоохранных зонах рыбохозяйственных водотоков. Основными видами воздействия ГОК на окружающую среду являются: вырубка леса, нарушение земель, сбросы сточных вод в водные объекты, выбросы в атмосферу загрязняющих веществ, размещение отходов обогащения и отвалов вскрышных пород и т.д.

На Камчатке рудные и россыпные месторождения расположены преимущественно в верховьях высокопродуктивных рек высшей категории рыбохозяйственного значения. Действующие предприятия базируются в бассейнах рек Вывенка, Асача, Ича, геологоразведочные и строительные работы по возведению ГОК и горнометаллургического комплекса ведутся в бассейнах рек Озерная и Ука (восточное побережье Камчатки), р. Таловка (западное побережье Камчатки).

Бассейн р. Вывенка. С 1994 г. осуществляется разработка 4 россыпей в бассейне р. Вывенка в долинах 3 нерестовых рек — в верховье Левтыринываям, Ветвей (ручьи Ледяной и Южный) и Янытайлыгинваям (ручьи Пенистый и Ветвистый). Здесь установлено устойчивое ухудшение кормовой базы молоди лососёвых рыб: в зоне техногенного загрязнения биологическая продуктивность зообентоса снизилась в р. Левтыринываям — от 3–8 до 100 крат, р. Янытайлыгинваям — в 3 раза, р. Ветвей — в 2–3 раза [Леман и др., 2000; Чебанова, 2009]. Зона техногенного заиления и замутнения визуально и инструментально регистрируется на всём протяжении этих притоков рек от участков работ до их устьев и в самой р. Вывенка. При аэровизуальных обследованиях р. Вывенка (2006 г.) наблюдались мощнейшие шлейфы мутности, которые распространялись

более чем на 120 км от зоны воздействия. Мутность р. Янытайлыгинваям в половодье и при аварийных сбросах в межень достигает 2000–3000 мг/л, р. Левтыринываям в межень постоянно превышает 100 мг/л (во время осадков до 700 мг/л), в половодье — более 300 мг/л. При этом фоновая мутность составляет в межень 1–2 мг/л, в половодье — до 5–10 мг/л. Оценка генетических составляющих техногенного стока наносов показала, что около 44% поступает за счёт сбросов сточных вод (аварийных сбросов), 36% — развития склоновой эрозии на отвалах грунта, и 20% — за счёт русловой эрозии руслоотводов.

К 2006 г. влиянию взвесей подверглись нерестилища лососей: в основном русле р. Вывенка — 141,54 га; в р. Ветвей — не менее 120,9 га. В р. Левтыринываям из-за осушения и истощения грунтового питания (60–70% межненного расхода поступает в горные выработки) площадь нерестилищ сократилась более чем на 20 га (80–100%) по сравнению с периодом до начала разработки (до 1994 г.). В зоне фактического влияния горных разработок оказались нерестилища тихоокеанских лососей общей площадью 282,44 га. По фондовым данным КамчатНИРО [Остроумов, 1995], за период авианаблюдений, осуществляемых с 1957 г., в р. Вывенка в разные годы на нерест заходит до 16–20 тыс. экз. чавычи, 150–180 тыс. экз. нерки, 12 000 тыс. экз. горбуши, 360–400 тыс. экз. кеты и 10–15 тыс. экз. кижуча. По состоянию на середину 2000-х гг. численность чавычи уменьшилась в 5 раз, нерки и кеты — в 10 раз, и только численность доминантного поколения горбуши нечётных лет была близка к историческому максимуму.

Бассейн р. Ича. Агинский ГОК (АГОК) — первое на Камчатке полнопрофильное горнорудное предприятие на базе Агинского золото-серебряного месторождения — расположено в бассейне одной из крупнейших лососёвых рек Камчатки — р. Ича. За период 1973–1994 гг. на территории месторождения выполнен комплекс экологических, геологических и других исследований, а с 2006 г. предприятие введено в эксплуатацию. В технологическом процессе АГОК используется ряд остро-ядовитых веществ, в частности цианистые соединения, гипохлорит кальция $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ и их производные,

которые относятся к веществам I—III класса опасности. Промышленные объекты АГОК построены и эксплуатируются вблизи и в ответственных руслах лососёвых водотоков. Золото-извлекательная фабрика расположена в 15 м от руч. Варягов, в который проложены траншеи для сброса сточных вод, а накопитель отходов размещён непосредственно в русле лососёвого водотока — руч. Ветвистый. Из руды извлекается низкие концентрации металла (менее 0,004%), при этом образуются значительные количества отходов. В рудах АГОК содержится сера, дренирование с водой серосодержащих соединений из мест хранения отходов приводит к сильному повышению растворимости тяжёлых металлов, содержащихся в рудах, и их биодоступности. Попадание атмосферных осадков в места хранения отходов приводит к развитию эрозии почв и выносу загрязнённых веществ в водотоки. В воде прудов-отстойников присутствуют взвешенные вещества, нефтепродукты, кадмий, хром, медь, никель, ртуть, молибден, свинец, железо, цинк, ванадий, мышьяк, цианиды — вещества с I по III класс опасности. Металлы переходят в активную (миграционную) форму. Эти поллютанты, попадая в водные объекты, загрязняют подземные и поверхностные воды. Сточные воды АГОК принимает р. Ага, которая в 13 км ниже по течению от АГОК впадает в р. Копылье, в 10 км ниже по течению р. Копылье впадает в р. Ича, в 188 км от её устья. С начала промышленного освоения Агинского месторождения техногенное воздействие на водотоки в процессе его деятельности значительно возросло [Улатов, Введенская, 2012]. Качество воды р. Ага по ИЗВ и показателю Z_T за период наблюдений 2005–2013 гг. ухудшилось на порядок, причём как на контрольном створе, так и в устье р. Ага. Водоток из категории «чистого» перешёл в категорию «загрязнённого», «грязного» и «очень грязного». Концентрации ряда загрязняющих веществ в водотоках-водоприёмниках сточных вод достигают уровней высокого и экстремально высокого загрязнения. Определено 14 загрязнителей, превышающих рыбохозяйственные нормативы ($ПДК_{p/x}$). Характерная и устойчивая повторяемость загрязнения установлена по девяти компонентам — по восьми металлам (Cu — 114,4; Zn — 19,04; Fe — 15,98; Al — 36,7;

Mn — 2,0; V — 5,21; Mo — 9,14; Sb — 2,23; кратность превышения $ПДК_{p/x}$ и взвешенным веществам — 638,1 крат). Для пяти других загрязнителей также установлена кратность превышения $ПДК_{p/x}$: Ni — 1,11; Co — 1,57; $P_{общ.}$ — 71,33; Hg — 33,0; хлор свободный растворённый ($Cl_{акт.}$) — 38 000. Согласно накопленным данным, концентрации взвешенных веществ в р. Ага колебались в диапазоне от 0,2 мг/л (период консервации месторождения) до 1 450–1 500 мг/л (период активных сбросов сточных вод). В паводки шлейф мутности от АГОК регулярно прослеживается по рекам Ага и Копылье на 22 км и более. Диффузное поступление загрязняющих веществ в р. Ага происходит постоянно, имеют место и аварийные сбросы. Так, в начале работы АГОК произошли две крупные аварии: повреждение противифльтрационного экрана хвостохранилища в январе–феврале 2006 г. на площади 1,73 га (50% полезной площади); аварийный сброс 3–8 м³ раствора гипохлорита кальция из чанов реагентного отделения 28.08.2006 г. В результате р. Ага на всём протяжении русла в течение 4–8 дней испытала мощнейший химический стресс — концентрация активного хлора (I класс опасности) в районе контрольного створа по данным «Камчатского ЦЛАТИ» составила 0,38 мг/л (38 000 $ПДК_{p/x}$). В створах разного удаления от АГОК погибло от 65 до 100% обитающей рыбы и макрозообентоса. Общая численность и биомасса зообентоса в сентябре 2006 г. характеризовалась минимальными показателями за весь период исследований, произошли структурные перестройки сообщества донных беспозвоночных (табл. 1).

В период 2006–2013 гг. р. Ага на всём протяжении испытывает техногенное воздействие от умеренного до тяжёлого. Существенно нарушены условия продуцирования кормовой базы, неуклонно снижается рыбохозяйственный статус р. Ага — из состава ихтиофауны полностью исчезли тихоокеанские лососи (кижуч), отмечаются лишь эпизодические заходы мальмы [Жмур и др., 2014а, 2014б; Улатов, 2014а, 2014б].

Шанучский ГОК — горнорудное предприятие на базе Шанучского кобальт-медно-никелевого месторождения, работает с 2006 г., к настоящему времени почти полностью выра-

Таблица 1. Основные показатели макрозообентоса р. Ага в контрольном створе

Показатель	1995 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.
КАЧЕСТВЕННАЯ И КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ								
Количество таксонов (nt)	42	37	14	22	31	30	23	19
Количество семейств (nf)	19	18	8	12	11	10	11	16
Численность бентоса, тыс. экз./м ²	14,7	45,9	3,2	7,3	111,6	21,5	39,4	28,0
Биомасса бентоса, г/м ²	47,79	57,59	0,63	12,35	9,1	7,65	16,8	9,10
ПОКАЗАТЕЛИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ								
Количество видов ЕРТ	7	6	3	5	4	7	6	3
Индекс ЕРТ (NEPT/Нобщ.)	0,2	0,02	0,04	0,09	0,1	0,13	0,06	0,02
Индекс Гуднайта-Уитли (Nol/Нобщ.)	0,1	0,03	0,03	0,05	0,66	0,21	0,75	0,85

ботаны уникальные, высококачественные руды (с концентрацией никеля до 5%), локализованные в долине руч. Ралли. Долина руч. Саматкин Ключ (бассейн р. Шануч) в районе месторождения и на нижнем (прирусловом) участке местами заболочена. Извлекаемая руда доставляется на участок обогащения, где руда обогащается методом рентгенорадиометрической сепарации, покусковой сортировкой с конвейера на рудо-сортировочном комплексе. Ни химреагенты, ни дробление до предельно малой (пылевой) фракции не применяются. Отходы обогащения частично используются на отсыпке дорог, подъездов. Сотни тысяч тонн пустой породы из карьера «Ралли» неорганизованно сброшены в отвал на склон и к подножью г. Верхняя Тхонжа. Водоприёмником стоков с рудника является болотный массив в долине левого притока р. Шануч — руч. Саматкин Ключ. Часть стоков, минуя болотный массив, может попадать непосредственно в р. Шануч. Объём сточных вод, сбрасываемых в пруд-отстойник, незначителен — не более 1 тыс. м³/год, вместе с тем значительный (более 500 тыс. м³/год) объём сточных вод из карьера и со склонов отвалов пустой породы, минуя пруд-отстойник, сливается в Шанучское болото без очистки.

Источниками техногенного воздействия на водотоки являются сточные воды рудника и вахтового поселка, автомобильная дорога Шануч—Мильково, технологические проезды рудника и базы предприятия. Проезды через водотоки, в т.ч. через руч. Саматкин Ключ, в 2003—2004 гг. не были обустроены должным образом. Шлейф мутной воды в 2004 г. визу-

ально прослеживался от переезда к базе Шанучской геологоразведочной партии, до устья ручья, где наблюдалось значительное заиление дна. Концентрация взвешенных веществ достигала 3 500 мг/л. Обустройство в пойме руч. Саматкин Ключ дорожного полотна, кюветов, укладка гравийно-галечного покрытия летом 2004 г. резко сократили объёмы сбросов загрязнённых сточных вод, что отразилось на восстановлении бентосного сообщества в 2005 г. на приустьевом участке.

Экологическое состояние по основным показателям макрозообентоса в руч. Саматкин Ключ на станциях мониторинга выше и ниже рудника оценили по 2005 (фон) и 2011 гг. (табл. 2).

В зоне заиления на приустьевом участке в 2003—2004 гг. наблюдалось обеднение донного населения. Особенно наглядно прослеживается ухудшение условий обитания по снижению индекса ЕРТ. Вне зоны воздействия индекс ЕРТ в 2004 г. составлял до 0,33, в другие годы снижался до 0,06 (2005 г.) и 0,15 (2011 г.). Причиной столь значительного снижения индекса ЕРТ могло стать попадание в воду пыли с промплощадок предприятия и нарушение реколонизации донных сообществ. В зоне воздействия индекс ЕРТ до начала работы предприятия изменялся от 0,12 (2003 г.) до 0,03 (2004 г.). Ухудшение условий обитания для донных организмов в 2004 г. было обусловлено интенсификацией работ на площадках и, соответственно, увеличением попадания взвеси в водоток. В 2005 г. техногенное воздействие несколько снизилось, улучшились условия

Таблица 2. Основные показатели макрозообентоса руч. Саматкин Ключ выше и ниже зоны техногенного воздействия

Показатели	Выше рудника			Приустьевой участок			
	2004 г.	2005 г.	2011 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2011 г.
КАЧЕСТВЕННАЯ И КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА							
Количество таксонов (nt)	59	46	41	44	39	51	46
Количество семейств (nf)	21	15	9	19	17	15	12
Численность бентоса, тыс. экз/м ²	79,0	102,8	186,0	39,2	32,2	78,2	91,9
Биомасса бентоса, г/м ²	31,52	49,07	36,43	15,20	13,69	42,55	23,34
ПОКАЗАТЕЛИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ							
Количество видов ЕРТ	14	9	6	8	5	10	6
Индекс ЕРТ (NEPT/No _{общ.})	0,33	0,06	0,15	0,12	0,03	0,04	0,03
Индекс Гуднайта-Уитли (Nol/No _{общ.})	0,04	0,02	0,02	0,22	0,21	0,02	0,09

обитания беспозвоночных, но к 2011 г. показатели ЕРТ и олигохетного индексов показывают ухудшение состояния экосистемы этого участка ключа. В 2011 г., по сравнению с 2005 г., произошло снижение разнообразия зообентоса по количеству семейств и таксонов на обоих участках ручья, в то же время при уменьшении общей биомассы увеличилась их численность. Общее количество донных беспозвоночных в 2011 г. было выше за счёт того, что в начале второй декады августа в популяциях хиромид и подёнок преобладала ранняя молодь, а в тот же период 2005 г. её было в 3–4 раза меньше. Соответственно, численность в 2005 г. была значительно ниже, а биомасса — выше, чем в 2011 г. Видовое разнообразие в группе насекомых ЕРТ в 2011 г. уменьшилось на 30–40% как выше, так и ниже рудника.

Анализом гидрохимических проб, отобранных 10.08.2011 г., выявлены превышения ПДК_{р/х} на разных участках по следующим химическим веществам: Мо — 2,0–14,2; Se — 1,06–3,1; Cu — 1,6–12,9; Sb — 1,4–1,9; P — 3,8–6,8; Zn — 1,5–1,7; Se — 1,06–3,1; мутность — 0,30–0,93; pH — 7,1–8,4. Значительные концентрации загрязнителей в руч. Саматкин Ключ при визуальной чистоте воды свидетельствуют о том, что основная часть загрязнителей присутствует в форме истинных растворов. Водородный показатель (pH) в руч. Саматкин Ключ близкий к 7, следует признать фоновым, соответствующим требованиям к качеству вод для рыбохозяйственных во-

доёмов (6,5–8,5), что указывает на хорошую буферную ёмкость массива Шанучского болота, защищающего руч. Саматкин Ключ от ацидификации поверхностным стоком руч. Ралли.

Экологическая обстановка в руч. Саматкин Ключ, особенно в нижнем течении ручья, в 2011 г., по сравнению с 2005 г., ухудшилась, сообщество беспозвоночных испытывало техногенную нагрузку средней тяжести. На условно фоновом участке (выше рудника) донная фауна также находилась под влиянием техногенного воздействия, которое оценивалось как слабое. Начавшееся в 2005 г. улучшение экологической обстановки в ручье, по сравнению с предыдущими годами (2003–2004 гг.), после прекращения поступления в ручей техногенных взвесей, так и не завершилось. Происходит постепенное ухудшение среды обитания зообентоса и, соответственно, кормовой базы тихоокеанских лососей.

Бассейн р. Асача. С 2011 г. заработал Асачинский ГОК, где также произошли аварийные ситуации на хвостохранилище и другие нарушения:

летом 2012 г. выполнены несанкционированные земляные и руслорегулирующие работы: естественное русло руч. Семейный (левый приток р. Асача) на участке длиной 341 м спрямили в обход породных отвалов, сброшенных с промплощадки рудника в русло и пойму водотока;

в период интенсивного снеготаяния весной 2013 г. с хвостохранилища произошёл аварий-

ный сброс отходов (шлама) на рельеф местности и далее в руч. Б/н (правый приток р. Вичаевская). Шлам отложился в русле и на берегах руч. Б/н и р. Вичаевская на несколько километров вниз по течению.

Река *Вичаевская* (правый приток р. Мутная) — важнейший нагульно-нерестовый лососёвый водоток, и в 200 м от него расположен ГОК. По фондовым данным КамчатНИРО в 1959–2002 гг. в реку в разные годы на нерест заходило около 1 600 экз. горбуши, 1 200 экз. кеты, 1 000 экз. раннего и 100 экз. позднего кижуча, 50 экз. нерки. В 1996 г. средняя плотность населения молоди лососёвых рыб верхней, средней и нижней части бассейна р. Вичаевская составляла 3,7, 0,36 и 0,002 экз/м², при максимальных значениях 49, 2,31 и 0,3 экз/м² соответственно. В 2013 г. рыбопродуктивность нагульно-вырастных участков верхней части бассейна р. Вичаевская снизилась в 9–10 раз, средней — в 36 раз.

Ручей *Семейный* — лососёвый водоток, протекающий по территории горного отвода Асачинского месторождения, подвергается загрязнению сбросами сточных вод с площадки рудника и межплощадочных проездов. Суммарная площадь нерестилищ тихоокеанских лососей в руч. Семейный составляет 0,013–0,02 га, вместе с гольцом — около 0,05 га. В годы высокой численности на плёсах и мелководных протоках среднего течения численность производителей кижуча достигает 30–50 экз., примерно такое же количество может нереститься и нерки. Ежегодно на нерест заходят несколько сотен гольцов. Осенью 1996 г. в одной из приустьевых проток руч. Семейный отмечен единичный нерест кижуча и мальмы. Средняя плотность населения молоди лососёвых рыб в ручье составляла: на верхнем участке (напротив штольни) — 0,003 экз/м², средним (ниже по течению от вахтового поселка) — 0,08 экз/м², устьевом — 0,18 экз/м², при максимальной плотности — 0,15, 2,64 и 7,3 экз/м² соответственно. В августе 2013 г. заходы нерки стали эпизодическими и единичными.

Бассейн р. Озерная (восточное побережье Камчатки). Озерновское золоторудное месторождение расположено на юге Карагинского р-на в пределах бассейнов двух рек — Озерная и Ука. Комплекс геолого-съёмочных, гео-

физических и поисковых работ выполнен в период с конца 50-х до начала 90-х гг. прошлого века. Наиболее интенсивному техногенному воздействию, связанному с геологоразведочными работами и прокладкой подъездных путей, участок подвергся в 1974–1992 гг. Эти работы продолжились в 1997–1998 гг. и вновь возобновлены с 2011 г.

Некоторые водоносные горизонты Озерновского месторождения характеризуются низкими величинами рН. Например, в руч. Конгломератовый в среднем течении рН равна 6,5, в устье ручья — 4,9, а в его притоке (руч. Кислый) — 3,0–3,5, что указывает на риски возникновения техногенного кислотного дренажа и выщелачивания металлов при разработке месторождения и поступления закисленных сточных вод с ионами тяжёлых металлов в речную сеть. Подтверждением тому служит очень низкая численность (0,4 тыс. экз/м²) и биомасса (0,12 г/м²) зообентоса в руч. Кислый [Чебанова, 2009]. Исследования состояния зообентосных сообществ на разных участках бассейна рек Озерная и Ука представлены в табл. 3.

Обследованные участки р. Озерная на станциях 1, 2, 3, 4, 5 и р. Ука до настоящего времени не подвержены техногенному воздействию, что подтверждает видовое разнообразие зообентоса и его количественные характеристики. Техногенное воздействие имеет место только в устье руч. Хомут (ст. 6).

Значительные снижения обилия зообентоса в руч. Хомут (ст. 6) произошли из-за сброса в водоток взвешенных веществ с участков геологоразведочных работ, а в руч. Конгломератовый (ст. 4) происходит природная ацидификация вод, и она отражается на развитии донных беспозвоночных резким уменьшением их разнообразия и обилия.

В бассейне р. Озерная обитает 11 видов жилых и проходных рыб: тихоокеанские лососи, микижа, мальма, кунджа, хариус камчатский, трехиглая и девятииглая колюшки. Реки Озерная и Ука составляют около 3,7% нерестового фонда Карагинской подзоны, при этом обеспечивают в последние годы от 4,5 до 9,5% уловов тихоокеанских лососей всей подзоны. Общая площадь нерестилищ лососей в р. Озерная — 125 га, р. Ука — 290 га. Численность пропущенных на нерест лососей в р. Озерная достигает

Таблица 3. Основные показатели макрозообентоса в бассейнах рек Озерная и Ука

Показатели	Река Озерная							Река Ука	
	р. Правая Озерная			р. Левая Озерная					
	2013 г.			1997 г.*		2013 г.		2013 г.	
	Ст. 1	Ст. 2	Ст. 3	Ст. 4	Ст. 5	Ст. 6		р. Пере- вальная	руч. Безы- мянный
КАЧЕСТВЕННАЯ И КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА									
Количество таксонов (nt)	44	62	54	13	38	25	30	49	41
Количество семейств (nf)	16	20	19	4	13	10	13	16	13
Численность бентоса, тыс. экз/м ²	30,48	100,37	64,6	0,24	73,22	12,28	9,13	36,13	19,37
Биомасса бентоса, г/м ²	18,94	70,56	16,04	0,04	32,21	13,82	0,76	9,21	7,17
ПОКАЗАТЕЛИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ									
Количество видов ЕРТ	7	16	9	0	8	4	4	9	11
Индекс ЕРТ (NEPT/No _{общ.})	0,03	0,06	0,02	0,00	0,03	0,15	0,07	0,05	0,12
Индекс Гуднайта-Уитли (NoI/No _{общ.})	0,04	0,04	0,11	0,00	0,04	0,23	0,05	0,14	0,13

Примечание. Ст. 1 — устье, 30–50 м от слияния рек Правая и Левая Озерная; ст. 2 — устье, 30 м от слияния рек Правая и Левая Озерная; ст. 3 — р. Левая Озерная, выше устья руч. Конгломератовый; ст. 4 — руч. Конгломератовый; ст. 5 — лимно-крен, 200 м выше слияния с первыми протоками р. Левая Озерная; ст. 6 — устье р. Хомут; * — данные В.В. Чебановой [2009].

4 300 тыс. экз. (2007 г.), в р. Ука — 2 840 тыс. экз. (2009 г.). В нечётные годы обе реки обес-печивают 4,5–9,5 тыс. т (в среднем 6,5 тыс. т) вылова тихоокеанских лососей, а их общая рыбопродуктивность составляет 21,5 тыс. т.

Реки Озерная и Ука — крупнейшие, сравни-тельно нетронутые, лососёвые речные системы Восточной Камчатки с хорошо сохранившимся нерестово-выростным фондом. Биоресурсы рек интенсивно осваиваются промышленным ры-боловством и любителями спортивного рыбо-ловства. Воздействие на экосистемы рек Озе-рная и Ука, среду обитания рыб и водный баланс прилежащих водотоков, при реализации проек-та опытно-промышленной разработки Озер-новского горнометаллургического комплекса, окажет значительный объём земляных работ (не менее 20 млн м³ горной массы), строитель-ство промзон, внутри- и межплощадочных до-рог и другие работы в водоохраных зонах, что приведёт к ухудшению условий воспроизвод-ства рыб и их нерестово-выростных угодий пропорционально площади, нарушенной в пре-делах водосборной территории.

Воздействие при строительстве и экс-плуатации магистрального трубопровода. Магистральный газопровод «УКПГ-2 Ниж-

не-Квакчикского ГКМ—АГРС г. Петропа-вловска-Камчатского» протяжённостью 392 км введён в эксплуатацию в сентябре 2010 г. Во-преки рекомендациям Камчатрыбвода, Кам-чатНИРО и ВНИРО, строительство трассы газопровода осуществлено не по обеспечивав-шему сохранность нерестовых рек и лососей от браконьерства «Прибрежному» варианту, а по «Предгорному» — в зоне максимальной плот-ности нерестилищ лососей в реках, сосредото-чивших в себе 48% нерестового фонда 2 наи-более значимых рыбопромысловых подзон — Западно-Камчатской и Камчатско-Куриль-ской (рис. 2). Это обусловило возникновение острых экологических проблем [Улатов и др., 2010]. Согласно проектным данным (2009 г.) трасса газопровода пересекает 524 водотока, из них 403 — подводными (траншейными) и 121 — надземными переходами. Нерестовы-ми для тихоокеанских лососей являются 266 (50,8%) водотоков. Особо следует отметить, что газопровод проходит по территории лососё-вого заказника краевого значения «Река Коль», созданного в 2005 г. в бассейнах рек Коль и Кехта.

Ихтиофауна рек в зоне влияния газопрово-да представлена 16 видами жилых и анадром-

ных видов рыб, в т.ч. шестью видами тихоокеанских лососей (р. *Oncorhynchus*), двумя видами гольцов (р. *Salvelinus*), а также жилой микижей (*Parasalmo mykiss*) и её проходной формой — камчатской сёмгой, видом, занесённым в Красную книгу РФ.

Воздействия переходов газопровода на водотоки и водные биологические ресурсы зависят от способа прокладки трубопровода и соблюдения проектных решений.

При прокладке трубопровода наибольший ущерб наносится за счёт проходки и обратной засыпки траншей в русловой части водотоков. Это связано со сплошным нарушением дна, изменением состава грунтов, естественного гидрологического режима и русловых процессов, увеличением мутности воды и заилением донных биоценозов. Ниже по течению интенсивность воздействия на биоту зависит от концентрации взвешенных частиц, продолжительности воздействия и дальности распространения шлейфа мутности. Особенно опасно поступление взвесей в горные реки, поскольку населяющие их сообщества гидробионтов, в частности лососёвые и сиговые, приспособлены к существованию при очень низкой естественной мутности (до 5–10 мг/л) и чистом незаиленном грунте. Влияние взвешенных твёрдых частиц на водные экосистемы лососёвых нерестовых рек, к сожалению, многогранно: заиление нерестовых бугров лососей с ослаблением проточности в них и ухудшением кислородного режима; прямое воздействие твёрдых минеральных частиц, имеющих обычно острые грани, на икру, эмбрионы, на эпителий жабр и кожу молоди лососей с последующими возможными кожными заболеваниями и нарушением функции дыхания и водно-солевого регулирования в период смолтификации; воздействие на зообентос; воздействие на первичную продукцию перифитона из-за уменьшения прозрачности воды; уменьшение доступности кормовых организмов для рыб в результате снижения прозрачности воды; изменение территориально-поведенческих реакций молоди рыб в связи с изменением дистанции визуального контакта и взаимного антагонистического реагирования [Леман, 1990; Леман, Кляшторин, 1987; Леман и др., 2000; Леман, Чебанова, 2005].

Строительство надземных переходов, наоборот, позволяет свести негативное воздействие к минимуму или вовсе его избежать.

После окончания строительства газопровода и ввода его в действие остались до сих пор нерешёнными острые экологические проблемы регионального характера [Улатов и др., 2010].

1. *Опасные русловые процессы* — карчеходы, блуждание многоруканного русла, глубокие вертикальные и широкие горизонтальные русловые деформации, наледи и т.д., вызывают размывы, подтопления и разрушения искусственных сооружений трассы газопровода. Некоторые реки (Авача, Хихку, Мокушка, Правый Кихчик, Большая Воровская, Колпакова и др.) в местах перехода газопровода подвержены активному проявлению опасных русловых процессов — в половодье и в аномальные паводки происходит интенсивный размыв («блуждание») русел и переформирование берегов, высоки риски возникновения аварийных ситуаций. Опыт мониторинга показал, что даже использование наилучших доступных технологий (например, прогрессивных бестраншейных методов строительства) переходов газопровода по «Предгорному» варианту, в условиях недоучёта всех природных и техногенных факторов, влияющих на надёжность, экологическую и промышленную безопасность, приводит к ошибкам проектирования, увеличивает промышленные и экологические риски, техногенные нагрузки на водные экосистемы [Улатов, Введенская, 2012]. Указанные ошибки возникли из-за низкого качества и незавершённости инженерных изысканий и стали поводом для принятия (менее чем через 1,5 года после окончания строительства газопровода) решения о начале реконструкции и капремонта 11 надземных (6 в вантовом, 3 в балочном, 2 в эстакадном исполнении) переходов через важнейшие нерестовые реки Камчатки: Колпакова, Большая Воровская, Средняя Воровская, Коль, Пымта, Удова, Правый Кихчик, Киумшичек, Коклянка, Испова, Авача.

2. *Несоответствие искусственных сооружений*. При пересечении трассой газопровода траншейным методом на 119 водотоках выявлено несоответствие водопропускных сооружений (труб) технологического проезда требованиям свободного пропуска лососевых рыб.

Данные сооружения стали трудно- или непреодолимым барьером для лососей, поднимающихся вверх по рекам, нарушили пути их миграций и отсекали десятки гектаров нерестилищ и нагульно-выростных участков. В большинстве нарушенных лососёвых водотоков произошло обеднение рыбного сообщества, в некоторых ручьях выше газопровода они исчезли полностью.

3. *Проведение непроектных земляных работ в руслах и на берегах водотоков* привело к созданию многочисленных искусственных насыпей в руслах и на берегах водотоков. Следствием такой деятельности стало сужение и спрямление нерестовых русел, погребение и осушение речного дна на 67 рыбохозяйственных водотоках, сопровождавшееся сбросом взвешенных веществ. Мутность воды превышала фоновые значения от нескольких десятков-сотен до 30 000 раз, при этом заилиeniu подверглись нерестилища лососей, шлейфы мутности распространялись на многие километры вниз по течению. Некоторыми непроектными насыпями грунта нарушены пути нерестовых и нагульных миграций лососей.

4. *Долговременные переезды вброд через лососёвые водотоки.* Редкие и немногочисленные переезды вброд допускаются в исключительных случаях: на пересыхающих ручьях в межень период; на относительно мелких (глубина до 1 м) и узких водотоках с галечно-валунными отложениями; на ручьях и реках, чье дно и берега сложены из валунов и гальки размером более 10 см, а также другого субстрата (скала, вулканические шлаки и др.), непригодного для нереста лососёвых рыб; на ручьях и реках, испытывающих мощное негативное воздействие природного характера (грязекаменные селевые потоки, лахары и др.); в устьях рек с пологими берегами в зоне приливно-отливной и прибойной полосы. Использование брода может быть ограничено: при значительных разрушениях после проезда тяжёлой техники; в период нерестовых и покатных миграций рыб; при слишком частых переправах [Леман, Лошкарёва, 2009]. Строительство вдольтрассового проезда снизило количество переездов вброд, но переезды техники через русла рек Пиначевская, Колокольникова, Мутная-1 осуществлялись вброд, поскольку отсут-

ствовали временные, предусмотренные проектом, мосты и кульверты технологического проезда. Отсутствие насыпи технологического проезда через низинные болота вблизи р. Колокольникова и на левом берегу р. Мутная-1 привело к увеличению ширины воздействия техники на болотные массивы. В результате в болотных массивах произошли нарушения гидрогеологического режима территории и образовались локальные места повышенной концентрации загрязняющих веществ в связи с выносом их болотными водами из-под торфяной насыпи над трубой и поступлением в русла рек [Дмитриев, Казанцева, 2012].

5. *Невыполнение противоэрозионных, берегоукрепительных и рекультивационных мероприятий* стало причиной поступления продуктов эрозии с нарушенных склонов в прилежащие водотоки и долговременного сверхпроектного ущерба нерестилищам. Выявлено 16 проблемных водотоков с интенсивным развитием опасных склоновых эрозий и оползней. На некоторых водотоках (р. Колпакова) противоэрозионные мероприятия проведены с нарушением методики укладки габионов.

6. *Заморы.* В руслах большинства стариц сток в межень полностью прекращён вследствие нарушения продольного профиля русел и изменения гидрологического режима во время строительно-монтажных работ в 2009–2010 гг. В летнюю межень в руслах 10 второстепенных проток и стариц, расположенных в пределах низкой поймы на участке капремонта перехода газопровода через р. Колпакова, наблюдается прекращение поверхностного стока, полное или частичное обсыхание русловых форм рельефа. При этом образуются техногенные гидрологические ловушки, отрезанные от постоянно действующих проток, в которых происходят заморы значительных скоплений молоди лососей (кижуч, нерка, кета), мальмы и девятиглазой колюшки. Работы по восстановлению гидрологического режима, продольного профиля многорукавного русла р. Колпакова начаты весной 2014 г., но не закончены.

7. *Браконьерство.* Этот вид антропогенного воздействия стал наиболее тяжким последствием строительства трассы газопровода. Строительство притрассового проезда открыло неограниченный и легкий доступ в ранее

труднодоступные места. Проблема усугубилась тем, что в процессе строительства были фактически перечёркнуты рыбохозяйственные соглашения и изначально утверждённые проектные решения по ограничению и запрещению проезда по трассе газопровода неспециализированного транспорта. В 2010 г. региональные власти приняли решение по превращению ведомственного вдольтрассового проезда, изначально предназначенного только для строительства и обслуживания газопровода, в дорогу общего пользования, а в 2013 г. — о строительстве дороги общего пользования параллельно трассе газопровода на расстоянии 150 м от него.

Воздействие при использовании геотермальных ресурсов. Использование геотермальных вод является одним из экономически перспективных и экологически обоснованных направлений развития энергетики Камчатского края. Геотермальная энергетика на полуострове представлена двумя предприятиями — Паужетской и Мутновской ГеоЭС (МГеоЭС-1). Геотермальная энергетика экологически более «чистая», чем традиционная, но, тем не менее, её воздействие на водные экосистемы может быть весьма разнообразным и выражаться в изменении физико-химических свойств воды: превышении содержания в воде отдельных химических элементов (особенно тяжёлых и переходных металлов), изменении рН среды, увеличении минерализации, мутности и температуры.

Исследование техногенного воздействия в данном направлении было выполнено в бассейне р. Фальшивая, где с 2001 г. действует МГеоЭС-1, расположенная в верхнем течении реки. Обследованный участок русла выше станции (фон) показал повышенную концентрацию некоторых химических веществ, превышающих ПДК_{р/х} — по цинку (47,6), алюминию (14,9), ванадию (4,6), железу (2,5), фосфору (2,3), меди (1,4) и марганцу (1,1). В речной воде ниже МГеоЭС-1 химический состав, кроме естественного загрязнения, пополняется сбросами отработанных вод (сепарат объёмом 150 м³/ч) и имеет повышенную температура около 50–70 °С за счёт сбрасываемого сепарата. В зоне техногенного воздействия зообентос отличается не только обеднением видового состава и

снижением количественных показателей, но и изменением структуры сообщества [Чебанова и др., 2003; Сорокин, 2008]. Река Фальшивая практически на всём протяжении испытывает значительное воздействие загрязнения от источников природного и техногенного происхождения. Результатом комплекса воздействий является увеличение температуры и мутности воды, повышение концентраций химических элементов, изменение структуры макрозообентоса, накопление токсических химических элементов в теле рыб и снижение численности лососей [Есин и др., 2011].

Влияние Быстринской ГЭС на воспроизводство лососей. Быстринская малая ГЭС-4 (мГЭС-4) деривационного типа расположена в бассейне р. Быстрая (приток р. Камчатка) и предусматривает использование естественного уклона местности для её возведения вне основного русла реки. Данное предприятие введено в эксплуатацию в 1995 г. и по проектным характеристикам не должно создавать препятствий для миграции производителей лососей вверх по реке и наносить ущерб молоди лососей, скатывающейся вниз по реке. Основными видами рыб, нерестящихся в р. Быстрая, в настоящее время являются нерка, кета, кижуч, чавыча, горбуша, микижа, мальма, кунджа и хариус. По фондовым данным аэровизуальных наблюдений [Остроумов, 1983], максимальный за последние 50 лет заход производителей лососей в р. Быстрая достигал: для нерки 220,0; кеты — 84,0; кижуча — 55,0; горбуши — 21,0; чавычи — 4,8 тыс. экз. Общая площадь нерестилищ составляет около 183,5 га, из которых 118,5 га, или почти $\frac{2}{3}$, находятся выше створа Быстринской мГЭС-4. Из-за хронического дефицита производителей современная рыбопродуктивность нерестилищ р. Быстрая на два-три порядка ниже исторической. В верхнем и среднем течении основу численности покатников составляет молодь кеты (95% от количества всех покатников).

На входе в подводящий канал ежегодно (до начала массового ската молоди лососей) устанавливается рыбозащитное устройство — жалюзийный экран, гидравлический принцип действия которого определяет возможность эффективного отведения скатывающейся молоди.

В паводок, с повышением уровня воды в реке, жалюзи на рыбозащитном устройстве всплывают от дна на 1 м и выше, в результате чего незакрытая часть водозаборного сечения достигает 40–60%, а в полноводные годы — 70% от общей площади. В зону влияния водозабора электростанции в период массового ската попадает 30–35% скатывающихся через поперечный створ реки сеголетков. Крупной молоди в канал заходит на порядок меньше, причём сформированные пестрятки и смолты составляют в речном скате не более 5%. Рыбозащитное устройство на входе в канал отводит обратно в реку до 45–50% сеголетков, попавших в водозабор, т.е. реально в подводящий к турбине канал попадает 14–18% молоди из реки. В низконапорной турбине мГЭС-4 погибает до 8,5% сеголетков, другая молодь без снижения жизнеспособности выносится из отводящего канала обратно в реку. Таким образом, доля погибающей в Быстринском гидроузле молоди от общего её количества, которое прокатывается через участок р. Быстрая в районе мГЭС-4, составляет около 1,5% [Улатов и др., 2009].

Эколого-рыбохозяйственные исследования лососёвых водных объектов Елизовского района и г. Петропавловск-Камчатского. За период аэровизуальных (1957–1995 гг.) и наземных (1995–2014 гг.) эколого-рыбохозяйственных исследований выявлены лососёвые водотоки, в которых в результате хозяйственной деятельности произошли структурные перестройки всех составляющих биоты, что привело к их полному или частичному исключению из процессов естественного воспроизводства лососей [Введенская, 2010; Введенская и др., 2012].

В бассейне р. Авача некоторые водотоки находятся на разной стадии деградации.

Река Половинка, протекающая по территории г. Елизово, имела высшую категорию рыбохозяйственного значения, но в связи с нарушением миграционных путей (сооружением бетонных берего- и русло-укрепительных сооружений), массовым и многолетним браконьерством и интенсивными переездами автотранспортом вброд через русло реки в нижнем течении рыбохозяйственная значимость существенно снизилась. В настоящее время в нижнее

течение изредка заходит мальма в единичных экземплярах, а в верхнем течении обитает её жилищная форма [Введенская, Улатов, 2012а].

ручей Канонерский — водный объект высшей категории рыбохозяйственного значения. До загрязнения ручей являлся местом массового нагула молоди тихоокеанских лососей (нерки, кижуча, кеты и чавычи) и мальмы, которые заходили в водоток из основного русла р. Авача. К настоящему времени руч. Канонерский как придаточный нагульный лососёвый водоток уничтожен, а сточные воды, поступающие из ручья в р. Авача, оказывают негативное воздействие на её водную биоту и способствуют ухудшению экологического состояния реки;

критически низкая численность производителей и молоди лососей в реках Красная, Колокольникова, руч. Б/н (правобережный приток р. 1-я Мутная), экологический статус которых по состоянию бентофауны оценивается как «хороший», обусловлена многолетним интенсивным массовым браконьерством и нарушением миграционных путей дорожными сооружениями.

В бассейне р. *Паратунка* также отмечено снижение экологического статуса в ряде водотоков.

Ручей Б/н в среднем и нижнем течении протекает через пос. Термальный и впадает в р. Карымшина (левый приток р. Паратунка). В верхнем и среднем течении состояние водотока относительно благоприятное, тем не менее, признаки загрязнения в среднем течении проявляются в снижении доли насекомых группы ЕРТ (с 34,1 до 4,8%) и увеличении доли малошетинок червей (33,1% против 7,5% в верхнем течении). В нижнем течении ручья сообщество зообентоса представлено в основном малошетиновыми червями (78,0% от общей численности), комарами-звонцами (16,3%) и брюхоногими моллюсками (3,0%) — организмами, толерантными к загрязнению. По индексу Гуднайта-Уитли в верхнем и среднем течении экологическое состояние оценивается как «хорошее» и «олигосапробное», в нижнем — как «грязное» и «полисапробное». Содержание растворённого кислорода в воде приустьевое участка 14.08.2014 г. составило 7,2 мг/л, что говорит о дефиците кислорода в условиях органического загрязнения. Показатель БПК₅, ха-

рактирующей содержание в воде легкоокисляемой органики, составил 34,9. Столь тяжёлое загрязнение русла в устье ручья происходит в связи со сбросами отработанных термальных сточных и хозяйственно-бытовых вод. Выше (около 300 м) руч. Б/н расположен Паратунский лососёвый рыболовный завод, который ежегодно выпускает в р. Карымшина молодь тихоокеанских лососей (в 2014 г. в количестве 17 544,7 тыс. экз., в том числе кеты 16 903,5, кижуча 641,2 тыс. экз.). Заводская молодь, скатываясь по р. Карымшина, попадает в шлейф загрязнённых вод руч. Б/н. В бассейне р. Паратунка выявлен особо опасный бактериальный патоген *Aeromonas salmonicida* у половозрелых рыб, свидетельствующий о неблагополучии этого водотока в отношении возбудителя фурункулёза лососей. Загрязнённые воды способствуют возникновению и развитию заболеваний у заводских лососей, что приводит к гибели молоди, а в некоторых случаях к эпизоотии [Сергеенко, 2012; Устименко, 2012]. Ручей Б/н, по фондовым данным КамчатНИРО, относился к водным объектам высшей категории рыбохозяйственного значения. До изменения гидрологического режима и загрязнения ручей являлся местом массового нагула и нереста тихоокеанских лососей (кижуча) и гольцов (мальмы), которые заходили в водоток из основного русла р. Карымшина. К настоящему времени руч. Б/н как нерестовый и нагульный придаточный лососёвый водоток утерян, а сточные воды, поступающие из ручья в р. Карымшина, оказывают негативное воздействие на её водную биоту и способствуют ухудшению экологического состояния бассейна р. Паратунка.

Озеро Дальнее соединяется одноименной рекой с р. Быстрая, которая впадает в р. Паратунка. Озеро находится вдали от населённой местности и не подвержено загрязнению. Численность воспроизводящегося в озере стада нерки за весь период исследования (1930—2014 гг.) была наибольшей в 1930—1940-е гг. и составляла 21,6—150,5 тыс. экз. [Крогиус и др., 1987]. В настоящее время заход производителей заметно снизился и в 2014 г. составил около 10 тыс. экз. Сокращение численности производителей нерки обусловлено промышленным переловом в Авачинской губе и массовым браконьерством.

Основные водные объекты, находящиеся в г. Петропавловске-Камчатском в недалёком прошлом имели высокую категорию рыбохозяйственного значения. В настоящее время они полностью деградировали или снизили рыбохозяйственное значение до первой категории.

Озеро Култучное, расположенное в центре города, раньше имело высокое рыбохозяйственное и рекреационное значение, так как в него заходили на нерест кижуч, голец и корюшка. По мере расширения городской застройки акватория озера сокращалась, его сток в бухту стал осуществляться по подземному трубопроводу и озёрные воды подвергались различным загрязнениям. Эти преобразования способствовали постепенному изменению гидрологического режима и трофического статуса водоёма. В настоящее время озеро продолжает испытывать значительную антропогенную нагрузку. По состоянию зообентосных сообществ обстановка на большей территории озера соответствует «тяжёлому» загрязнению. По оценке сапробности озеро является полисапробным, за исключением некоторых участков, расположенных в западном районе. Восстановление озера до его девственного состояния невозможно, так как изменён водный баланс, утрачены родники, которые играли основную роль в обеспечении озера чистой водой, но улучшение экологического состояния вполне возможно за счёт полного прекращения поступления в озеро загрязнённых вод [Введенская и др., 2013; Семерной и др., 2012].

Обследованные участки руч. Крутоберёга различаются по всем показателям — зообентосу, ихтиоценозу и органолептическим свойствам воды. В среднем течении ручья зообентос в 2010 г. характеризовался разнообразным составом и присутствием насекомых группы ЕРТ, численность и биомасса составляли 41,3 и 89,5% от всех беспозвоночных соответственно. Ихтиоценоз был представлен малочисленными гольцами (мальмой). По индексу Гуднайта-Уитли, равному 0,43, экологическое состояние среды оценивалось как хорошее. Цвет, запах, прозрачность и вкус воды также подтверждали чистоту водотока. В нижнем течении ручья вода была мутная, сероватого цвета, с неприятным запахом. Основными обитателями бентали являлись малощетинковые черви и

комары-звонцы. Величина индекса Гуднайта-Уитли в 2009–2010 гг. (0,89–0,95) характеризовала состояние ручья как «тяжёлое». По фондовым данным КамчатНИРО, в руч. Крутоберёга заходили на нерест горбуша, кета и кижуч, в настоящее время водоток деградировал из-за нарушения водосбора и загрязнения поверхностных и грунтовых вод хозяйственно-бытовыми стоками. Сточные воды поступают в реку прямоотком без всякой очистки. Эти воды являются препятствием для захода тихоокеанских лососей в вышерасположенные чистые участки ручья. Проведённый в июле 2012 г. эколого-рыбохозяйственный мониторинг показал улучшение состояния участка ручья в нижнем течении присутствием сеголетков кеты.

Ручей Кабан в среднем течении в районе водозабора используется для обеспечения питьевой водой жилого района города и для производственных нужд ТЭЦ-1. По химическому составу вода соответствует требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 «Вода питьевая. Контроль качества». В самом нижнем течении экологическое состояние ручья характеризуется как «тяжёлое», соответствующее полисапробной зоне. Ихтиоценоз в этом участке ручья отсутствует, рекреационное и эстетическое значение водотока полностью потеряно.

Загрязнённые воды перечисленных водотоков поступают в Авачинскую губу, которая имеет высшую категорию рыбохозяйственного значения. По ней транзитом проходят миграционные пути производителей лососей на нерест и молоди лососей — во время их откочевки на нагул в море. Кроме тихоокеанских лососей, в водах Авачинской губы обитают и другие, постоянно живущие представители ихтиофауны. Загрязняющие воды, поступающие в губу, отрицательно влияют на кормовые условия гидробионтов, изменяя структуру донных сообществ и их обилие.

Река Кирпичная-Халактырка впадает в Тихий океан. На протяжении многих лет река подвергается антропогенному воздействию разного генезиса. Прокладка газопровода в город коснулась реки в верхнем течении: дороги проходят по руслу, и участки реки в местах прокладки дорог и газопровода сильно нарушены. Под вдольтрассовым проездом отсутствуют

кульверты, образованы искусственные запруды. Обитатели донных биотопов представлены 15 таксонами, по численности преобладают комары-звонцы (56,3%) и малоштитковые черви (39,6%), тогда как биомассу формируют как перечисленные группы (51,2%), так и малочисленные, но крупные по размерам долгоножки (31,1%). Ихтиоценоз образован немногочисленной мальмой жилой формы. В среднем течении в последние годы развернуто широкомасштабное строительство жилого комплекса, и грунт сваливается в русло. Обитатели бентоса на этом участке русла отсутствуют, тогда как ниже по течению, перед впадением реки в оз. Халактырское, зообентос состоит в основном из многочисленных комаров-звонцов (50,4–51,4%) и малоштитковых червей (43,3–46,3%). Ихтиоценоз в среднем течении отсутствует. В нижнем течении реки, вытекающей из оз. Халактырское, состав рыб в реке и в озере представлен в настоящее время кетой, горбушей, кижучем, мальмой, кунджей, тихоокеанской миногой, колюшкой (трёхиглой и девятиглой), малоротой корюшкой, акклиматизированными карпами, карасями и сазанами. Наиболее многочисленным видом является малоротая корюшка, затем в порядке снижения численности следуют колюшка трёхиглая и колюшка девятиглая. В низовье реки для нереста и нагула заходят два вида камбал (звёздчатая и желтобрюхая) и бычки.

Загрязнение участков русла в верхнем и среднем течении происходит в результате застройки территории, сброса грунта и хозяйственно-бытовых стоков, а отсутствие ихтиоценоза обусловлено несоответствием водопропускных сооружений требованиям по обеспечению свободных миграций водных биоресурсов. В нижнем течении численность ценных видов рыб снизилась в десятки-сотни раз по причине загрязнения и многолетнего браконьерства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выходом из противоречия между потребностями региона в диверсификации экономики и развитии смежных отраслей природопользования, с одной стороны, и перспективой усиления негативных последствий для рыболовства и экономики рыбного хозяйства с ограничением рыбохозяйственного использования рек (вплоть

до полного исключения отдельных рек или их участков из процессов естественного воспроизводства), с другой стороны, — могут стать наилучшие доступные технологии, которые, наравне с природоохранными, эколого-рыбохозяйственными, рыбоводно-мелиоративными требованиями и рекомендациями к хозяйственной и иной деятельности, адаптированными к условиям Камчатки, позволят сохранить традиционно приоритетный лососёвый статус Камчатского края.

При планировании хозяйственной деятельности необходимо учитывать структуру и устойчивость экосистем к антропогенным нагрузкам, чтобы не допустить деградации естественных экосистем. На осваиваемых территориях Камчатки с целью оценки степени антропогенного воздействия, снижения или предотвращения негативного воздействия, целесообразно проводить непрерывный ежегодный эколого-рыбохозяйственный мониторинг.

ЛИТЕРАТУРА

- Введенская Т.Л. 2010. Оценка экологического состояния малых водотоков г. Петропавловска-Камчатского // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатНИРО. Вып. 17. С. 97–100.
- Введенская Т.Л., Коваль О.О., Логачев А.Р., Улатов А.В. 2012. Оценка воздействия хозяйственной деятельности на водные биоресурсы и эколого-хозяйственные исследования // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатНИРО. Вып. 25. С. 208–18.
- Введенская Т.Л., Улатов А.В. 2012а. Результаты мониторинга водотоков бассейна р. Авача, находящихся в зоне антропогенного воздействия // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатНИРО. Вып. 26. Ч. 1. С. 124–136.
- Введенская Т.Л., Улатов А.В. 2012б. Антропогенное влияние на некоторые лососевые реки Камчатского края // Всерос. науч. конф., посвящ. 80-летию юбилею ФГУП «КамчатНИРО» (Петропавловск-Камчатский, 26–27 сентября 2012 г.). Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. С. 486–498.
- Введенская Т.Л., Улатов А.В., Бонк Т.В. 2013. Экологическое состояние озера Култуное (восточное побережье, Камчатка) // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей. Доклады XII–XIII международной конференции. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 72–91.
- Дмитриев В.Д., Казанцева Е.И. 2012. Магистральный газопровод и состояние его рекультивации со стороны Петропавловска-Камчатского // «О Камчатке: её пределах и состоянии...». Материалы XXIX Крашениннин. чтений. Мин-во культуры Камч. края. Камч. краевая науч. б-ка им. С.П. Крашенинникова. Петропавловск-Камчатский. С. 88–90.
- Есин Е.В., Сорокин Ю.В., Леман В.Н. 2011. Особенности ихтиофауны и экстремальные условия обитания в дельте реки вулканического района (р. Фальшивая, юго-восточная Камчатка) // Вopr. ихтиол. Т. 51. № 1. С. 34–41.
- Жмур Н.С., Улатов А.В., Лапшин О.М. 2014а. Проблемы деградации экосистем лососевых водоемов в условиях добычи золота на Камчатке. М.: Экология и промышленность России. С. 42–47.
- Жмур Н.С., Улатов А.В., Лапшин О.М. 2014б. Проблемы сохранения среды обитания лососевых в условиях развития минерально-сырьевой составляющей экономики Камчатского края // Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера». Т. 6. № 1. С. 58–69.
- Крозиус Ф.В., Крохин Е.М., Менишуткин В.В. 1987. Тихоокеанский лосось (нерка) в экосистеме оз. Дальнего (Камчатка). Л.: Наука. 200 с.
- Леман В.Н. 1990. Экологическая типизация нерестилищ тихоокеанских лососей на Камчатке. Дисс. ... канд. биол. наук. М. 132 с.
- Леман В.Н., Кляшторин Л.Б. 1987. Методические указания по оценке состояния нерестилищ тихоокеанских лососей. М.: Изд-во ВНИРО. 28 с.
- Леман В.Н., Упрямов В.Е., Чебанова В.В. 2000. Экологические проблемы добычи россыпного и рудного золота в бассейнах лососевых нерестовых рек Камчатки // Проблемы охраны и рационального использования биоресурсов Камчатки. Докл. Второй Камчатской областной научно-практической конференции. Петропавловск-Камчатский. С. 49–60.
- Ресурсный потенциал Камчатки: состояние, проблемы, использование 1994. / Под ред. А.С. Реваякина и др. Петропавловск-Камчатский: Камчаткнига. 274 с.
- Сергеев Н.В. 2012. Бактериологические показатели лососей в естественных водоемах Камчатки. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Петропавловск-Камчатский. 22 с.
- Семерной В.П., Введенская Т.Л., Улатов А.В. 2012. Новые данные по фауне Oligochaeta водоемов Камчатки // Экологические проблемы уникальных природных и антропогенных ландшафтов. Материалы Всероссийской научно-практической конф. с международным участием / Отв. ред. В.П. Семерной Ярославль: Яросл. гос. ун-т. С. 219–228.
- Сорокин Ю.В. 2008. Реакция речной бентофауны на изменение температуры и химизма воды в ходе долговременного эксперимента по сбросу геотермальных вод (р. Фальшивая, юго-восточная Камчатка) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 4. Владивосток: Дальнаука. С. 66–75.

- Улатов А.В. 2014а. Динамика загрязнения лососевых рек в зоне воздействия Агинского горно-обогатительного комбината // Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы. Мат-лы V Всероссийской конференции по водной экотоксикологии, с приглашением специалистов из стран ближнего зарубежья, посвящённой памяти Б.А. Флёрова. Борок, 2014 г. Т. 1. С. 187–191.
- Улатов А.В. 2014б. Оценка экологической обстановки по состоянию бенто- и иктиофауны лососевого водотока в зоне воздействия Агинского ГОК // Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы. Мат-лы V Всероссийской конференции по водной экотоксикологии, с приглашением специалистов из стран ближнего зарубежья, посвящённой памяти Б.А. Флёрова. Борок, 2014 г. Т. 1. С. 192–195.
- Улатов А.В., Введенская Т.Л. 2012. Антропогенное влияние на некоторые лососевые реки Камчатского края // Мат-лы Всерос. науч. конф., посвящ. 80-летию юбилею ФГУП «Камчат-НИРО» (Петропавловск-Камчатский, 26–27 сентября 2012 г.). Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. С. 486–498.
- Улатов А.В., Леман В.Н., Логачев А.Р. 2010. Магистральный газопровод и ресурсы лососей: типичные экологические проблемы // Мат-лы международной конф. «Природоохранная деятельность предприятий газовой промышленности». Томск, 20–24 декабря 2010 г. С. 193–231.
- Улатов А.В., Леман В.Н., Чалов С.Р., Есин Е.В., Бирюков А.М. 2009. Влияние эксплуатации Быстринской мГЭС-4 на воспроизводство лососей р. Быстрая // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Сб. науч. тр. КамчатНИРО. Вып. 14. С. 58–72.
- Устименко Е.А. 2012. Бактериальные инфекции у тихоокеанских лососей при искусственном воспроизводстве на Камчатке. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Петропавловск-Камчатский. 24 с.
- Чебанова В.В. 2009. Бентос лососевых рек Камчатки. М.: Изд-во ВНИРО. 172 с.
- Чебанова В.В., Улатов А.В., Леман В.Н., Голобокова В.Н. 2003. Видовой состав и структура макрозообентоса водотоков в районе Мутновского месторождения парагидротерм (вулкан Мутновский, юго-восточная Камчатка) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 2. Владивосток: Дальнаука. С. 81–90.
- Angradi T.R. 1999. Fine sediment and macroinvertebrate assemblages in Appalachian Streams: A field experiment with biomonitoring applications // J. N. Am. Benthol. Soc. V. 18. № 1. P. 49–66.
- Pollution Prevention and Abatement Handbook WORLD BANK GROUP Effective. 1998. June.

Поступила в редакцию 22.06.2015 г.

Принята после рецензии 21.08.2015 г.

A Review on the Results of Studying the State of Salmon Water Objects in Kamchatsky Krai Depending on Anthropogenic Pressure

T.L. Vvedenskaya, A.V. Ulatov

Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography (Petropavlovsk-Kamchatsky)

Fishing and fish processing industries currently provide economic basis for Kamchatsky krai (19% in gross regional product (GRP), 60.5% in industrial output, 75% in export), and salmon fishery permanently contributes from 30 to 40% to the total income of fishing industry. Further sustainable development of the industries in Kamchatka deeply depends on successful conservation of salmon spawning and nursery water bodies, which provide annual production about 1 million fishes, including approximately 600 thousand tons can be removed with no harm to sustainability of the resource. Meantime, the fisheries potential of Kamchatka faces risks of substantial reduction in view of current and future activation of various kinds of economic life other than fishing in basins of salmon rivers and degrading fund of salmon spawning grounds. Ecological and fisheries research of several rivers and lakes of Kamchatsky krai in the sites engaged into the anthropogenic activities were made. In current review we give analysis of the effects of mining (in the Vyvenka, Icha, Ozernaya and Asacha river basins), of constructing and exploiting gas pipeline (in the river basins of Kolkakova, Bryumka, Vorovskaya, Udova, Kakhta, Kol, Pymta, Kikhchik, Khomutina, Utkha, Bolshaya and Avacha), of functioning objects of hydro- (the Kamchatka River basin) and hydrothermal (the Falshivaya River basin) energetics and of living zones (the Avacha, Paratunka and Khalaktyrka river basins). It has been concluded on the results of the research, that a stable ecological and fisheries monitoring should be provided every year, it should estimate structural and functional ecosystem sustainability in terms of growing anthropogenic pressure to give recommendations of environmental character to mitigation (the use of the best available technologies) or restrictions of human activities in Kamchatka.

Key words: zoobenthos, placer and ore deposits, salmon water objects, gas pipeline, fisheries category, tailings, pollutants, impact assessment.