

**ТЕХНОГЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ РУСЛА
МАЛОЙ ЛОСОСЕВОЙ РЕКИ И ИХ ВЛИЯНИЕ
НА СООБЩЕСТВО МАКРОЗООБЕНТОСА И ЛОСОСЕВЫХ РЫБ
(ЮГО-ВОСТОЧНЫЕ ОТРОГИ КОРЯКСКОГО НАГОРЬЯ).**

С.Р. Чалов, В.В. Чебанова, В.Н. Леман, К.А. Песков

*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
и океанографии (ВНИРО), ул. В. Красносельская, 17, Москва 107140 Россия.
E-mail: salmon2@vniro.ru*

В работе представлены результаты многолетнего изучения воздействия открытой разработки месторождения на видовой и количественный состав макрозообентоса и ихтиофауны малой горной реки. Описаны русловые процессы, развивающиеся в искусственном канале, и темпы его заселения донными беспозвоночными. Показано, что техногенное изменение стока и избыточное поступление минеральных взвесей вызвали существенное снижение численности и биомассы бентоса и лососевых рыб на участке нижнего течения реки протяженностью 5–7 км.

**TECHNOGENIC CHANGES IN BED OF A SALMON STREAM
AND THEIR IMPACT ON MACROZOOBENTHOS COMMUNITY
AND SALMONID (SOUTHEASTERN BRANCHES
OF THE KORYAK RANGE)**

S.P. Chalov, V.V. Chebanova, V.N. Leman, K.A. Peskov

*Russian Federal Research Institute of Fisheries & Oceanography (VNIRO), 17, V. Krasnoselskaya, Moscow
107140 Russia. E-mail: salmon2@vniro.ru*

The results of the long-term study of the open mining impact on species and quantitative composition of macrozoobenthos and salmonid in a mountain stream are presented. The stream bed processes developing in the artificial channel and rates of its colonization by bottom invertebrates are described. It has been shown that the technogenic changes in the stream runoff and excessive intake of inorganic suspensions resulted in an essential decrease in abundance and biomass of benthos and salmonid at the downstream reach of 5–7 km length.

Малые лососевые реки при разработке россыпных месторождений требуют особо бережного отношения, поскольку при небольшой площади водосборов и относительной простоте связей в системе река–водосбор они чрезвычайно чувствительны к любому антропогенному воздействию. Наиболее распространенным и трудно контролируемым является загрязнение тонкодисперсными минеральными взвесями, поскольку увеличение смыва твердого материала в реки сопровождается любыми видами работ. Обобщение накопленного опыта показало, что воздействия, вызывавшие снижение численности популяций лососевых менее чем на 19 % от первоначальной, обычно не выявляются в течение первых 5 лет, причем значительная временная вариабельность численности отдельных популяций затрудняет выявление антропогенных воздействий и за более длительный период (Ham, Pearsons, 2000). В связи с этим наиболее подходящим инструментом биомониторинга является макрозообентос, относительно быстро реагирующий на изменение среды.

В настоящей работе рассматриваются результаты десятилетних комплексных гидрологических, гидробиологических и ихтиологических исследований влияния открытой разработки россыпного месторождения полезных ископаемых на экосистему р. Левтыриновьям (басс. р. Вывенка).

Район исследований

Река Левтыриновьям – правый приток р. Вывенка берет начало на восточном склоне Ветвейского хребта. Длина реки 44 км, площадь водосбора 228 км², минимальный среднесуточный расход воды летней межени 95 %-ной обеспеченности 2,5 м³/с, максимальный расход весеннего половодья 10 %-ной обеспеченности – 100 м³/с. Район относится к зоне сплошной многолетней мерзлоты, переходящей под долинами рек и ручьев в прерывистую. Климат субарктический, продолжительность безморозного периода 148, вегетационного – 114 дней. В верхнем течении реки зимой образуется обширная наледь площадью 0,2 × 2 км.

Разработка месторождения в среднем течении р. Левтыриновьям началась в 1995 г., участок работ постепенно увеличивался и в 2004 г. охватил 8 км основного русла, в том числе наледную поляну в верховье и нижнее течение левого притока – р. Левый Левтыриновьям (рис. 1). В мае 1997 г. в среднем течении реки был построен руслоотводной канал, длина которого за период эксплуатации увеличилась с 1 до 6 км.

Река Левтыриновьям относится к нерестово-выростным водотокам высшей рыбохозяйственной категории. По данным КамчатНИРО общая площадь нерестилищ лососей в ней составляет 230,0 тыс. м². Основу нерестовых подходов (60–98 %) составляет горбуша, в высокоурожайном 1995 г. в реку зашло 35–40 тыс. производителей этого вида. В последние 10 лет численность нерестового стада горбуши, кеты и нерки колебалась в пределах 0,3–15,3; 0,1–0,3 и 0–0,04 тыс. экз. В р. Левтыриновьям в массе заходит на нерест голец – мальма, обилен камчатский хариус.

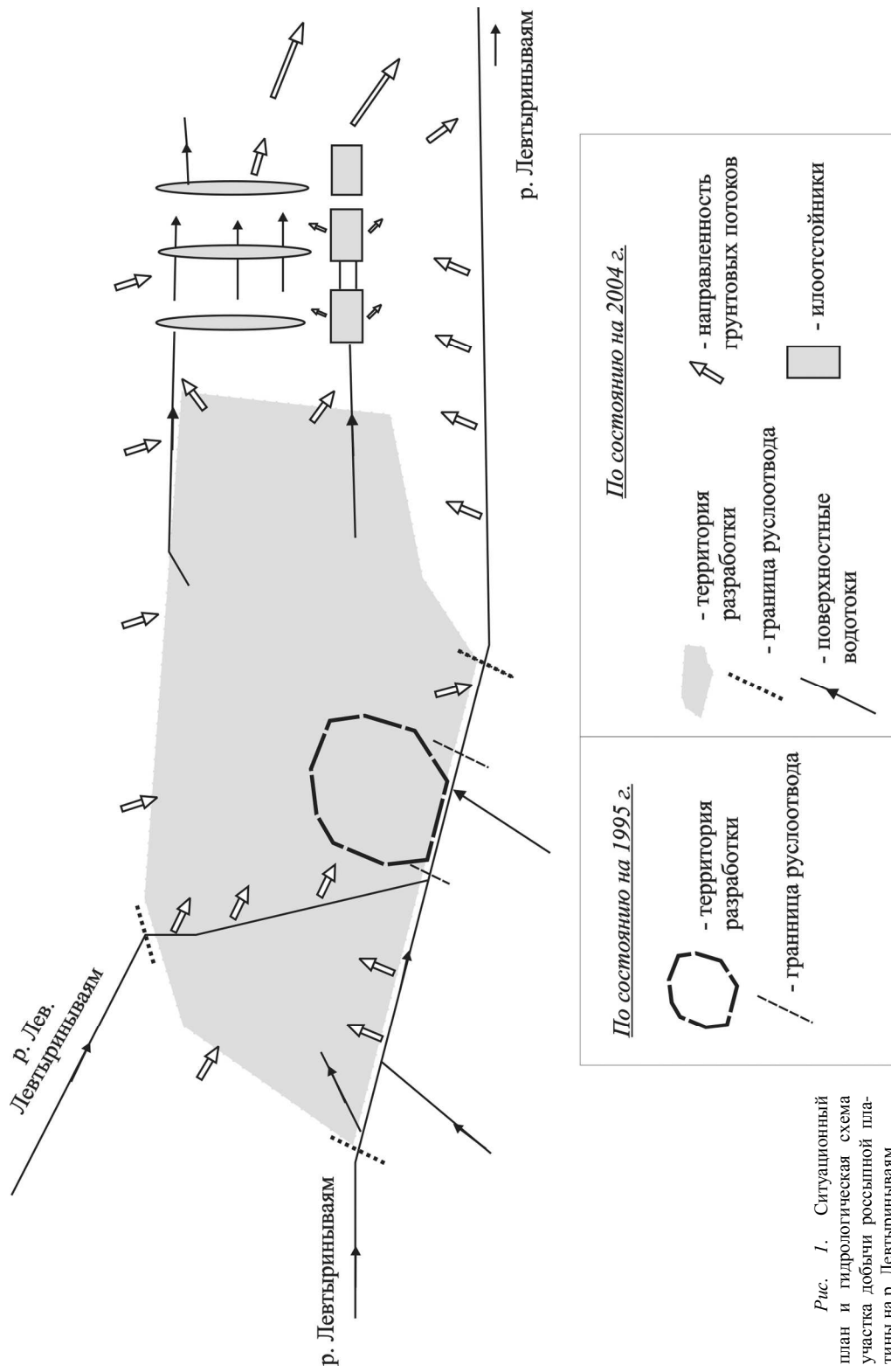
Материал и методика

Гидробиологические и ихтиологические работы проводились в августе 1995, 1997–1999, 2002 и 2004 гг. на участке р. Левтыриновьям длиной 15 км, расположенном на высоте 57–181 м над ур. моря. В верховьях реки были обследованы наледная поляна и неразветвленное русло выше и ниже нее, в среднем течении – руслоотводной канал, в нижнем – участок реки (5–7 км), примыкающий к границе месторождения.

На этих участках в августе 2003 и 2004 гг. по стандартным методикам (Васильев, Шмидт, 1978; Лучшева, 1983) выполнены подробные гидрологические исследования, включавшие наблюдения за уровнем режимом, русловые съемки, измерения характеристик стока воды и содержания в ней минеральных взвесей. Сбор и обработка количественных проб бентоса проведены по общепринятым методикам (Тиунова, 2003). Численность взрослых рыб на участках реки, испытывающих техногенное воздействие, учитывали визуально в ходе пеших маршрутов, молодь облавливали мальковым неводом (10 × 2 м, ячея 5–8 мм) и сачком.

Результаты

Участок выше района горных работ. Выше месторождения русло р. Левтыриновьям горное (уклон 13 %) с развитыми аллювиальными формами, меандрирующее, местами с осередковыми разветвлениями. Ширина неразветвленного русла не превышает 5,5 м, средняя глубина 0,3 м, галечное дно покрыто диатомовым перифитоном. Суммарный расход воды на этом участке реки в период летней межени 1,55 м³/с (05.08.2004 г.).



Максимальные скорости течения изменяются от 0,7 м/с на плесовых участках до 1,4 м/с на перекатах. Активное взаимодействие поверхностных и грунтовых (подрусловых) вод приводит к формированию небольших пойменных протоков, в межень отштнурованных в своей верхней части от реки и питающихся исключительно за счет выклинивания грунтовых вод. В долине проложено несколько вездеходных дорог. Вдоль них в результате выклинивания подземных вод в колеях формируются участки заболоченной местности и антропогенная ручейковая сеть; в основном русле реки содержание взвесей в межень составляет 31,9 мг/л, во время дождевых паводков – 32,6 мг/л.

На этом участке русла однородный галечник на сильном течении заселен типичными литореофилами. Доминируют хирономиды, поденки и мошки – в среднем за период наблюдений 41, 37 и 12 % общей численности беспозвоночных. Массовыми являются хирономиды *Eukiefferiella* gr. *brehmi*, *Diamesa gregsoni* и *Pagastia orientalis*, поденка *Baetis bicaudatus* и мошка *Helodon kamtshaticus*. Биомасса хирономид, поделок и мошек составляет 11, 22 и 36 % от общей. Еще 23 % биомассы бентоса обеспечивают немногочисленные, но крупные личинки типулиды *Arctotipula* sp. – обычного обитателя горных водотоков. В конце августа доля веснянок и ручейников в этом биотопе не превышала 1–2 % как по численности, так и по биомассе. За период наблюдений плотность и биомасса бентоса колебались в пределах 9,8–16,9 тыс. экз./м² и 12,2–18,5 г/м².

В верхнем течении р. Левтыринываям до 2004 г. существовало редко встречающееся и слабо изученное природное образование – наледная поляна. Это совершенно особый морфодинамический тип русла, который представляет собой разновидность осередковой многорукавности. Его образование связано с формированием в зимний период обширной наледи, которая, в свою очередь, обусловлена морфологией речной долины и расположением выходов аллювиальных (подрусловых) вод (Алексеев, 1975; Чалов, Иванов, 2004). На высоте 160–170 м над ур. моря долина р. Левтыринываям расширяется с 320 до 800 м, затем резко сужается и делает поворот, перед которым зимой возникает наледь. Вода, поступающая с верховьев, выходит на поверхность образовавшегося здесь льда и, постепенно намерзая, образует мощный ледяной панцирь площадью 2 × 0,2 км. В половодье поток, двигаясь по наледи, выбирает направление движения в сторону случайного уклона, не совпадающего с руслом реки. Градиенты весенних потоков ежегодно меняются. Поскольку полное исчезновение наледи летом и возобновление зимой повторяется из года в год, долина реки в этом месте представляет собой выположенную поверхность, на которой сеть мелких водотоков (по приблизительной оценке > 100) распространяется на всю ширину. Несмотря на однолетний цикл существования, наледь сохраняется долгое время, формируя особый микроклимат в долине наледной поляны. Так, летом 2003 г. ледяная масса покрывала большую часть долины еще в середине июля, а месяцем позже по бортам долины встречались отдельные ледяные скопления.

Весной по мере таяния льда и формирования сети проток на наледной поляне начинается восстановление речного макрозообентоса. Основными источниками реколонизации являются дрефт и роение имаго с откладкой яиц, второстепенными – миграции беспозвоночных по поверхности субстрата и в потоке против течения (Dudgeon, 1992; Gore, 1979; MacKay, 1990; Williams, Hynes, 1976). Население наледной поляны отличается от населения выше- и нижележащих неразветвленных участков речного русла. За три года наблюдений в этом биотопе не обнаружены мошки, блефарицериды и деутерофлебииды, а оба вида ручейников были представлены единичными личинками младшего возраста (см. таблицу).

Наиболее сходен с населением неразветвленного русла выше и ниже наледной поляны бентос центральных протоков, по которым проходят сток основной массы воды и, следовательно, большая часть дрефта с верхних непромерзающих зимой участков реки. Каждое лето реколонизация в центре наледной поляны начинается раньше и проходит интенсивнее, чем по краям, кроме того, в центральных протоках с галечным дном и быстрым течением условия обитания для иммигрантов ближе к оптимальным. В конце лета в них по численности преобладают поденки (40–43 %) и хирономиды (3–42 %). Из поде-

Качественный и количественный состав макрозообентоса в верховьях р. Левтыриниваям

Таксон	Выше наледной поляны	Наледная поляна			Ниже наледной поляны
		центр. протока	1-я боковая протока	2-я боковая протока	
Tricladida					
Tricladida indet.	-	**	-	-	-
Planariidae					
<i>Polycelis schmidti</i> H.Sab.	**	***	****	**	*
<i>Polycelis elongata</i> Z.Sab.	-	-	*	-	-
Oligochaeta					
Enchytraeidae indet.	***	****	-	***	**
Lumbricidae indet.	*	**	-	**	-
Phreoryctidae					
<i>Phreoryctes gordioides</i> Hartm.	*	*	**	-	*
Ephemeroptera					
Baetidae					
<i>Baetis bicaudatus</i> Dodds	****	****	*	-	****
<i>Acentrella sibiricus</i> (Kazl.)	-	**	-	-	**
Heptageniidae					
<i>Cinygmula cava</i> (Ulmer)	**	***	**	-	****
<i>Iron maculatus</i> (Tshern.)	**	*	-	-	*
<i>Cinygmula putoranica</i> Kluge.	**	-	-	-	-
<i>Cinygmula</i> sp.	-	*	-	-	-
Ephemerellidae					
<i>Drunella triacantha</i> (Tshern.)	**	*	-	-	*
Ameletidae					
<i>Ameletus montanus</i> Im.	*	-	-	**	*
Plecoptera					
Perlodidae					
<i>Arcynopteryx</i> sp.	**	*	-	-	**
Cloroperlidae					
<i>Paraperla lepnevae</i> Zhiltz.	*	**	-	-	**
<i>Suwallia</i> sp.	*	**	**	*	*
<i>Alloperla</i> sp.	*	*	-	-	-
Capniidae					
<i>Capnia</i> sp.	*	*	-	-	*
Trichoptera					
Apataniidae					
<i>Apatania zonella</i> Zett.	**	-	*	-	*
<i>Archithremma ulachensis</i> Mart.	*	-	-	-	-
Limnephilidae					
<i>Hydatophylax nigrovittatus</i> McL.	**	*	-	-	-
<i>Onocosmoecus unicolor</i> Banks	-	-	-	-	**
Diptera					
Tipulidae					
<i>Arctotipula</i> sp.	*	*	-	-	*
Limoniidae					
<i>Dicranota bimaculata</i> (Schum.).	-	-	**	**	*
Blephariceridae					
<i>Agathon decorilarva</i> (Brodskij)	**	-	-	-	**
Deuterophlebiidae					
<i>Deuterophlebia sajanica</i> Jedl. et Halg.	*	-	-	-	***

Окончание таблицы

Таксон	Выше наледной поляны	Наледная поляна			Ниже наледной поляны
		центр. протока	1-я боковая протока	2-я боковая протока	
Psychodidae					
<i>Berdeniella</i> sp.	**	*	-	**	*
Simuliidae					
<i>Helodon kamtshaticus</i> (Rubzov)	****	-	-	-	****
<i>Prosimulium ventosum</i> Rubzov	***	-	-	-	**
<i>Gymnopais bifistulatus</i> Rubzov	*	-	-	-	-
<i>Archesimulium tumulosum</i> (Rubzov)	-	-	-	-	**
Ceratopogonidae indet.	-	-	-	-	*
Chironomidae					
Diamesinae					
<i>Diamesa gregsoni</i> Edw.	***	**	-	-	***
<i>Pagastia orientalis</i> (Tshern.)	***	**	-	*	**
<i>Diamesa davisi</i> Edw.	**	*	**	-	-
<i>Diamesa gr. insignipes</i>	**	**	****	**	-
<i>Diamesa geminata</i> Kieff.	-	**	***	-	-
<i>Symphothastia repentina</i> Makar.	-	**	-	-	-
Orthoclaadiinae					
<i>Eukiefferiella gr. brehmi</i>	***	****	-	-	***
<i>Stilocladius</i> sp.	**	****	-	****	***
<i>Cricotopus gr. tremulus</i>	**	****	****	****	***
<i>Orthoclaadius</i> (E.) <i>rivulorum</i> Kieff.	**	****	-	-	***
<i>Paratrichoclaadius</i> sp.	**	**	-	**	***
<i>Orthoclaadiinae saxosus</i> (Tok.)	**	*	-	-	**
<i>Oliveridia</i> sp.	**	-	-	**	-
<i>Corynoneura gr. scutellata</i>	*	**	-	**	*
<i>Rheocricotopus effusus</i> Walk.	*	**	**	**	-
<i>Tvetenia gr. bavaria</i>	*	**	*	-	*
<i>Hydrobaenus gr. lugubris</i>	*	*	*	**	**
<i>Cricotopus gr. bicinctus</i>	*	*	**	-	***
<i>Chaetoclaadius variabilis</i> Makar.	*	*	-	-	-
<i>Orthoclaadius gr. oliveri</i>	*	*	-	-	-
<i>Orthoclaadius</i> (E.) <i>frigidus</i> Zett.	*	-	-	-	-
<i>Limnophyes</i> sp.	*	-	-	-	-
<i>Orthoclaadius</i> sp.	-	***	-	***	***
<i>Thienemanniella gr. clavicornis</i>	-	***	**	*	**
<i>Eukiefferiella gr. claripennis</i>	-	**	-	-	-
<i>Krenosmittia</i> sp.	-	*	-	**	-
<i>Diplocladius cultriger</i> Kieff.	-	*	-	+	-
<i>Cricotopus gr. silvestris</i>	-	*	-	-	-
<i>Eukiefferiella gr. gracei</i>	-	*	-	-	**
<i>Abiscomyia virgo</i> Edw.	-	-	*	**	-
<i>Eukiefferiella gr. devonica</i>	-	-	-	-	*
Chironominae					
<i>Micropsectra gr. junci</i>	**	**	-	**	**
<i>Neozavrelia</i> sp.	-	**	**	-	-
Empididae					
Empididae indet.	**	**	**	-	-
<i>Chelifera</i> sp.	**	*	-	*	**
<i>Clinocera</i> sp.	-	**	**	-	-
<i>Wiedemannia</i> sp.	-	*	-	-	-
Hydracarina indet.	*	**	***	**	**

Примечание. * - < 100; ** - < 500; *** - < 1000; **** - < 3000; + - около 5000 экз./м².

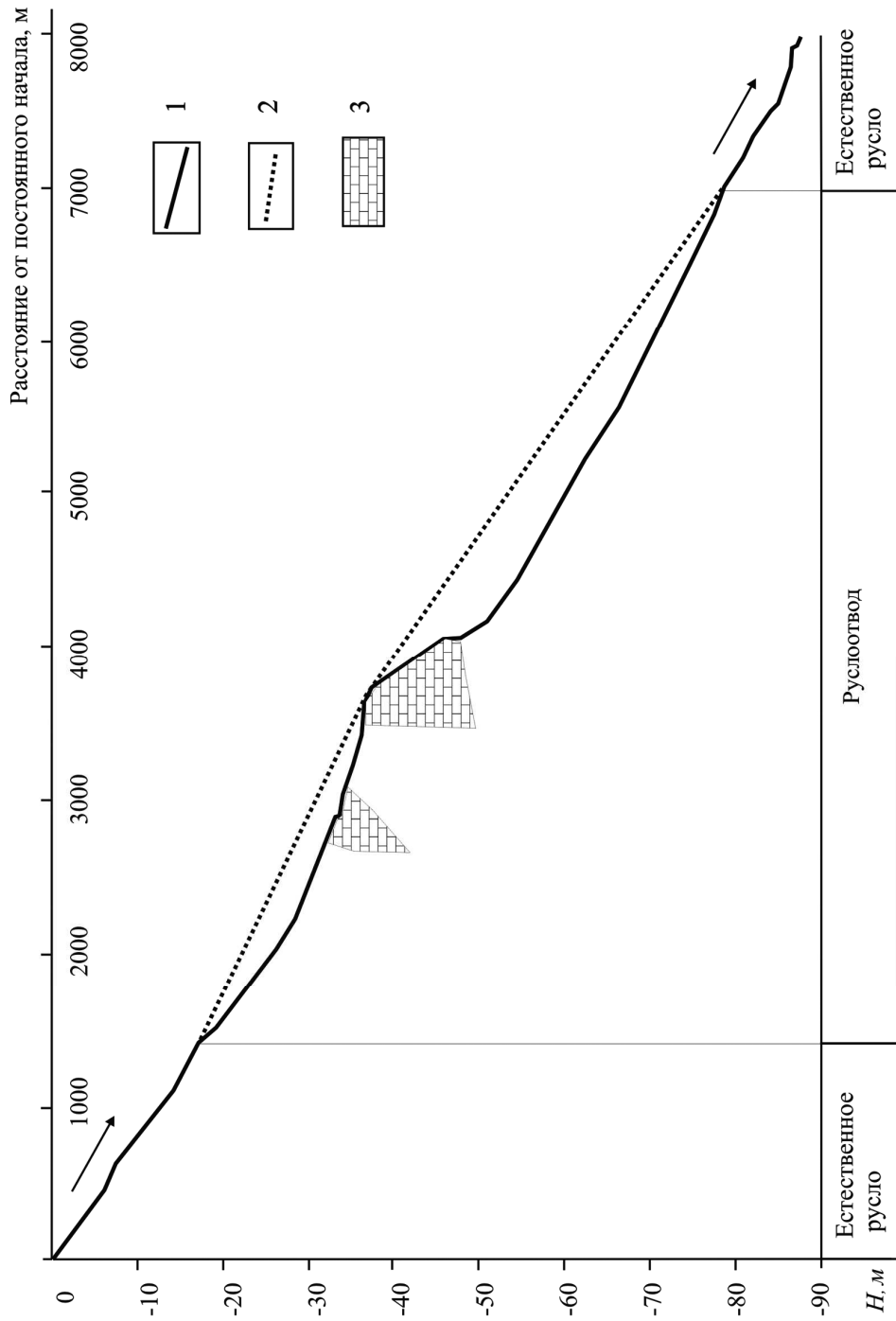
нок всегда доминирует массовая в верховьях *B. bicaudatus*, из хирономид в разные годы – *E. gr. brehmi*, *Stilocladius* sp., *Cricotopus gr. tremulus* и *Orthocladius (E.) rivulorum*. Биомассу бентоса определяют многочисленные поденки и хирономиды, а также единичные, но крупные личинки *Arctotipula* sp. и веснянки *Arcynopteryx* sp., в среднем за период наблюдений их доля по массе составила 28, 13, 31 и 18 % соответственно. В конце августа благодаря обилию ранней молодежи насекомых плотность бентоса в центре наледной поляны выше (12,0–37,8 тыс. экз./м²), а биомасса меньше (8,4–13,2 г/м²), чем на соседних неразветвленных участках русла. Значительные межгодовые колебания плотности объясняются смещением сроков массового размножения амфибионтов.

Боковые протоки с медленным течением существенно отличаются по составу и структуре донного населения от центральных и между собой. При одновременном обследовании в конце августа 2002 г. в них учтено вдвое меньше видов беспозвоночных, чем в центре наледной поляны. В «1-й боковой протоке», приблизительно равноудаленной от центра и правого края поляны, на галечно-песчаном дне с обильными водорослевыми обрастаниями основу бентоса составляли хирономиды (48 %) и молодь планарий (36 %), они же определяли и его биомассу – 66 и 25 % соответственно. Наиболее многочисленны были разновозрастные личинки *Diamesa gr. insignipes* (21 %) и *C. gr. tremulus* (12 %). Эти виды в массе встречались и на илисто-песчаном дне в устье соседнего ручья. В «1-й боковой протоке» бентос по плотности (24 тыс. экз./м²) был на 40 % ниже, а по биомассе (12,0 г/м²) сходен с донным населением центра наледной поляны. Во «2-й боковой протоке», расположенной у обрывистого борта долины, дно галечное с примесью песка и мелких древесных остатков. В момент отбора проб в бентосе присутствовала масса ранней молодежи хирономид, личинки I–II возрастов подсем. Orthoclaadiinae и трибы Tanytarsini составляли 68 и 7 % общей численности беспозвоночных. Благодаря им плотность донного населения достигала 72 тыс. экз./м² при биомассе 5,2 г/м². Поскольку скопление ранней молодежи, связанное с роением имаго, кратковременно, бентос «2-й боковой протоки» большую часть вегетационного периода, очевидно, беден количественно. В конце августа в нем доминировали 2 вида хирономид – старшие личинки летней генерации *Diplocladius cultriger* (4,5 тыс. экз./м²) и *Stilocladius* sp. (3,3 тыс. экз./м²), прочие донные беспозвоночные встречались единично.

На наледной поляне в многочисленных мелководных проточках, текущих между валунами и разделенных средне- и крупновалунными осередками, создается комплекс абиотических условий, исключительно благоприятный для обитания проходной и жилой форм гольца. Несмотря на то что наледная поляна вследствие своей мелководности и ледового режима не имеет нерестового значения, на ней была отмечена максимальная для района численность гольца – в среднем 1,5–2 экз./м². Уловы состояли из молодежи и половозрелых гольцов, размеры рыб от 3 до 30 см. Высокая плотность заселения наледной поляны связана с обилием удобных местообитаний между валунами и галькой. С 2004 г. наледная поляна перестала существовать.

Участок отвода русла в канал. Следующий участок р. Левтыриновьям представляет собой искусственный канал (длина 6 км, ширина 10 м, глубина в межень до 0,4 м), прорытый по правому борту долины в обвод непосредственной территории разработок. Канал отличается очень высокими темпами вертикальных деформаций, что связано со стремлением русла к выработке продольного профиля (Мирцхулава, 1988). Интенсификация процессов врезания после спрямления русла привела к формированию здесь специфического продольного профиля водной поверхности (рис. 2). Его ступенчатость обусловлена местным базисом эрозии на толще коренных пород в середине участка спрямления. Следствием врезания потока является поступление на нижележащие участки реки большого количества твердого материала. С момента переброски стока по руслоотводному каналу эта величина оценивается в 225750 м³ твердого материала (451500 т при средней плотности грунта 2000 кг/м³).

Поскольку при строительстве руслоотвода удален слой почвы и обнажен подрусловой аллювий, формирование полноценного, с точки зрения видовой разнообразия и



количественного обилия, макрозообентоса на его дне возможно только после образования перифитона, грубого и тонкого детрита, т. е. кормовой базы беспозвоночных. В августе 1997 г., через три месяца после ввода в эксплуатацию, в канале были обнаружены 7 видов хирономид, 3 вида поденок, по 2 вида веснянок и ручейников, по одному лимонид и эмпирид, а также водяные клещи. Поденки составляли 55 % (молодь *B. bicaudatus* – 42 %), хирономиды – 36 % общего числа иммигрантов. Средняя масса личинок насекомых, встречавшихся в канале, была втрое ниже, чем на вышележащем ненарушенном участке реки. Через год, кроме насекомых и водяных клещей, в канале были отмечены единичные крупные планарии. Поденки и хирономиды оставались наиболее многочисленными – 47 и 33 % населения, доминировали личинки *B. bicaudatus* старшего возраста (30 %). Быстрое заселение канала этими поденками, очевидно, связано со способностью многих видов рода *Baetis* утилизировать тончайшую пленку органики, оседающую на твердый субстрат до заселения его бактериями и водорослями (Winterbourn et al., 1985; Boulton et al., 1988). Первые два года численность бентоса в канале не превышала 7,5 тыс. экз/м², биомасса – 5,4 г/м². Затем руслоотвод подвергался частичным реконструкциям, а формирующееся на этих участках донное население – полному разрушению. В 2002 г. ниже образовавшегося в канале порога сформировался биотоп гальки с примесью песка и ила, в котором встречались личинки 20 видов хирономид, 4 вида поденок и 2 видов мошек, их численность достигала 12 тыс. экз/м², биомасса – 8,4 г/м². Личинки поденки *B. bicaudatus* и молодь хирономид рода *Diamesa* составляли 42 % численности и 56 % биомассы бентоса. Еще 22 % биомассы обеспечивали впервые обнаруженные в канале немногочисленные старшие личинки поденки *Cinygmula cava*.

В 1997 г., в первый год существования руслоотводного канала, в нем были учтены 22 производителя кижуча: 15 – на нерестовых гнездах и 7 – попали в сеть (17 сентября). С учетом длительности нерестового хода кижуча и браконьерства на верхних нерестилищах должны были отнереститься не менее 200 производителей. Вследствие прямого отторжения русла (1997 г. – 3,1 км, 1998 г. – 5,1 км, 2003 г. – 6 км) эти нерестилища были утрачены. С 2000 г. водопад, образовавшийся в руслоотводном канале, создал непреодолимую преграду для проходных гольцов, идущих на нерест. В эрозионной яме под водопадом глубиной до 2 м отмечается скопление проходных гольцов в брачном наряде и их молоди.

Участок ниже руслоотвода. Ниже руслоотвода река приобретает полугорный характер. Морфологически это выражено уменьшением скоростей течения воды и появлением в русле ярко выраженных плесов и перекатов. Река здесь течет вдоль правого берега долины в условиях свободного развития русловых деформаций, а в местах непосредственного подхода к коренному берегу – в условиях их ограниченного развития. Основными морфодинамическими типами русла являются свободные и вынужденные излучины, чередующиеся с осередковыми и пойменно-русовыми разветвлениями. Уклоны русла < 2 ‰. Прилегающий к месторождению семикилометровый участок нижнего течения реки находится в зоне косвенного техногенного воздействия. В результате масштабного нарушения естественного залегания пород и, следовательно, изменения гидрогеологической структуры района сократился сток поверхностных вод. Кроме того, депрессия подземных вод, возникающая в районе расположения карьеров и горных выемок, приводит к интенсивной фильтрации руслового потока через стенки руслоотвода и речное дно в подземные горизонты (Леман и др., 2000).

На верхней границе разработок объемы фильтрации руслового потока минимальны. Отсутствие техногенной депрессии подземных вод на этом участке объясняется естественной гидрогеологической структурой долины и открытым водозабором на промышленные приборы выше карьеров. В зоне влияния депрессии подземных вод относительные потери руслового стока в низкую межень в 1,5–2 раза больше, чем в высокую межень, так как выпадение осадков способствует насыщению подземных горизонтов и заполнению карьеров водой. На участке добычи – в верхней части русло-

отвода, действующего на р. Левтыриновьям, эти потери в низкую межень (2003 г.) составляли 54,3 и 81,4 %, в высокую (2004 г.) – 32 и 41,9 %, ниже руслоотвода – 95 и 61 % (рис. 3). Падение водности определяется разницей между уровнем дна реки и карьера глубиной более 40 м и близостью расположения карьера к реке (рис. 4). Снижение расходов приводит к изменению морфодинамического типа русла в нижнем течении реки. Даже в годы с высокой меженью количество речных рукавов постепенно сокращается, а в маловодные годы русло трансформируется в меандрирующее неразветвленное. Ширина русла в межень на этом участке составляла в естественных условиях 6 м, в техногенных – 1 м.

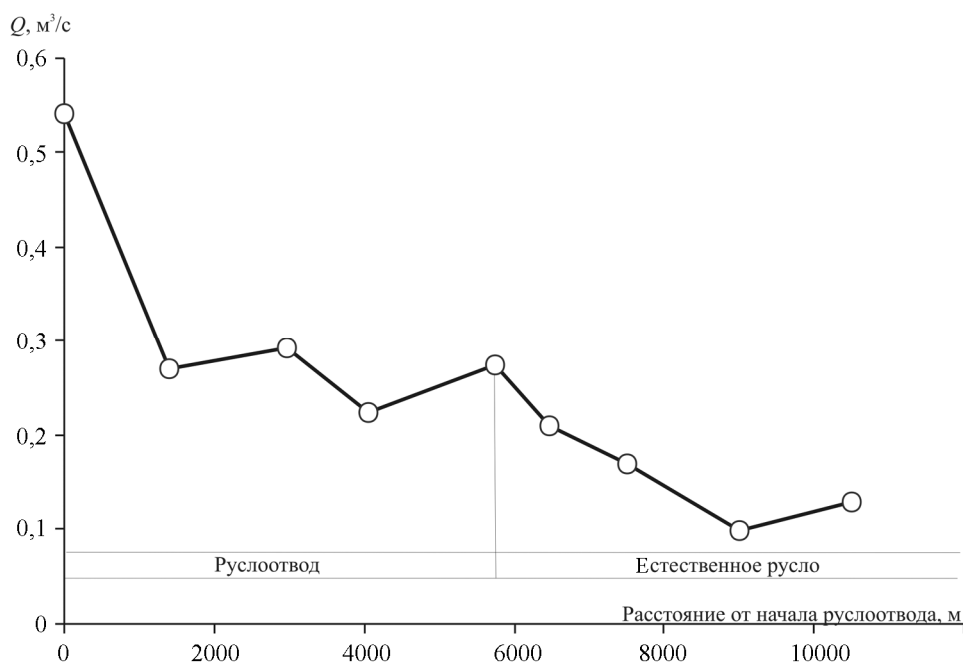


Рис. 3. Уменьшение водности р. Левтыриновьям по длине руслоотводного канала и естественного русла (по данным 8 августа 2003 г.)

Ниже месторождения наблюдается также техногенное увеличение содержания минеральных взвесей в воде. В период средней межени (05.08.2004 г.) их количество составляло 42 мг/л, во время дождевого паводка увеличилось до 60 мг/л. Это на 25–40 % превышает соответствующие показатели в верховьях реки. Избыточное поступление минеральных взвесей в условиях сокращения речного стока приводит к их быстрому оседанию и накоплению в биотопах нижнего течения мелкофракционных осадков.

На этом участке русла до начала разработок кроме литореофилов, составляющих ядро донного населения р. Левтыриновьям, обитали ручейники *Brachycentrus americanus*, *Neureclipsis bimaculata*, поденка *Ephemerella aurivillii* и веснянка *Nemoura arctica*, предпочитающие умеренное течение. Хотя бентос нижнего течения реки изначально отличался от населения верховьев количественным преобладанием хирономид, постепенное накопление на дне техногенных мелкофракционных осадков привело к значительному увеличению их доли в сообществе. Так, в 1995 г. хирономиды составляли примерно половину, а в 2004 г. – уже 70 % донного населения, доля поденок за этот период снизилась с 26 до 8 %. В настоящее время в центре русла по-прежнему преобладают хирономиды *E. gr. brehmi* (18 %), *Orthocladius* sp. (12 %) и *Rheocricotopus effusus* (11 %), а в местах накопления осадков увеличилась доля *Rheotanytarsus gr. exiguus* (13 %). Хирономиды, несмотря на относительно высокую численность, составляют всего 17 %, а немно-

гочисленные крупные беспозвоночные (поденки сем. Ephemerellidae, *Arctotipula* sp. и *B. americanus*) – 60 % биомассы бентоса. По мере накопления мелкофракционных осадков количественные показатели бентоса в нижнем течении реки устойчиво сокращались; в 1995, 1997, 2002 и 2004 гг. его плотность составляла 17,3; 14,8; 6,6 и 5,9 тыс. экз./м², биомасса – 23,3; 22,0; 12,3 и 8,6 г/м².

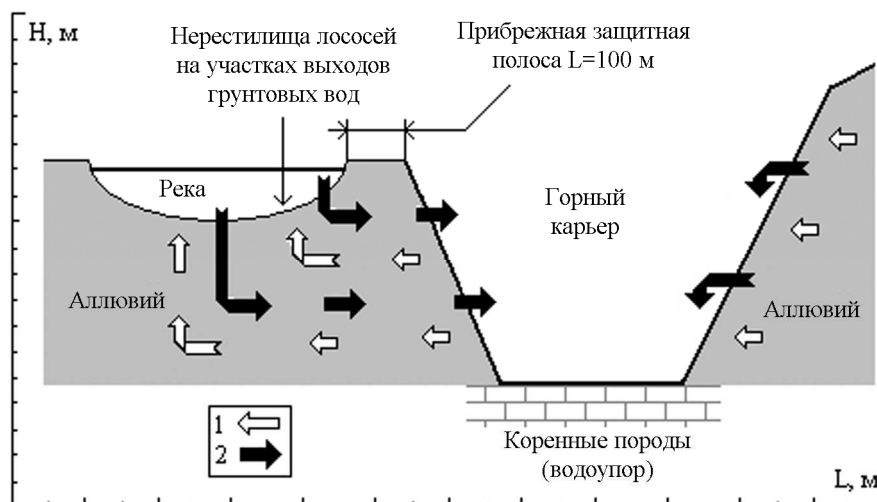


Рис. 4. Механизм сокращения водности р. Левтыриновья и истощения грунтового питания нерестилищ лососей при открытом способе разработки россыпного месторождения. Направленность потоков грунтовых вод до (1) и после (2) техногенного воздействия обозначена стрелками разного цвета.

При современном уровне трансформации гидрогеологического режима в нижнем течении реки сложилась критическая для лососей экологическая обстановка, связанная, в первую очередь, с потерей нерестового фонда. Горные выработки в долине хотя и удалены от самой реки, существенно влияют на формирование режима грунтовых вод, питающих нерестилища лососей (кеты, кижуча и нерки), поскольку карьеры, разрабатываемые до коренных пород, вскрывают подземные водоносные горизонты и полностью перехватывают грунтовый поток, в естественном состоянии подпитывающий эти нерестилища (рис. 4). Для предотвращения затопления карьеров эти воды откачивают в отстойники, переводя, тем самым, подземный сток в поверхностный. Изложенная схема демонстрирует опосредованный механизм воздействия – внешне река остается нетронутой, так как горные выработки могут осуществляться за пределами прибрежных защитных полос и водоохранных зон, тем не менее происходит сокращение подземного стока реки и истощение грунтового питания нерестилищ лососей.

До начала разработок на пятикилометровом участке реки ниже современного руслоотвода были учтены 8 нерестилищ кеты (2910 м²), 11 горбуши (2970 м²) и 3 нерки (170 м²). Плотность нереста на них достигала для кеты 1 самка на 1,3–3,0 м², а для горбуши – на 0,5–1,0 м². Вследствие снижения водности и заиления реки на этом участке русла нерестилища исчезли, а ниже по течению их площадь неуклонно сокращается. Кроме того, сократились площадь нагульных площадей молоди лососевых и их кормовая база.

Заключение

Разработка россыпного месторождения оказывает разрушительное прямое и косвенное воздействие на экосистему р. Левтыриновья. За период 1995–2004 гг. полностью выведены из строя 8 км русла в среднем и верхнем течениях реки, в том числе уни-

кальный природный объект – наледная поляна. Несмотря на однолетний цикл существования, обширная наледь, сохранявшаяся до середины июля, формировала особый микроклимат в долине и своеобразное донное население покрывавших ее многочисленных проток. До конца своего существования наледная поляна служила местом нагула молодежи гольца.

К 2004 г. протяженность руслоотводного канала достигла 6 км. Интенсивная вертикальная деформация русла привела к образованию в нем высокого порога и выносу в нижнее течение реки примерно 200 тыс. м³ твердого материала. За 6 лет наблюдений в канале было обнаружено менее половины встречающихся в реке таксонов донных беспозвоночных, при этом постоянными его обитателями, очевидно, стали только 3 вида поденок и 8 видов хирономид. В 1997 – 1998 гг. численность донных беспозвоночных в руслоотводе была в 2 раза, а биомасса – в 4 раза меньше, чем в вышележащем речном биотопе, в 2002 г. эти показатели были на 40 % ниже фоновых. Низкий темп заселения канала макрозообентосом обусловлен его большой протяженностью, частичными реконструкциями и вертикальной деформацией русла.

В нижнем течении реки основными техногенными факторами, влияющими на биоту, являются сокращение расходов воды, обмеление и накопление мелкофракционных минеральных осадков (заиление). Сокращение расходов и наблюдающееся в низкую межень обмеление связаны с возникновением в районе разработки крупной депрессии подземных вод, заиление – с избыточным поступлением минеральных взвесей с территории месторождения. В настоящее время донное население на этом участке русла по видовому составу близко к исходному, но значительно уступает ему по количественным показателям. За прошедшие 10 лет его численность и биомасса снизились примерно в 3 раза.

В результате разработки россыпного месторождения р. Левтыриниваям частично утратила свое рыбохозяйственное значение. Нерестилища лососей на участке добычи подверглись прямому изъятию под разработки, а расположенные в верховьях реки стали недоступны из-за образования в руслоотводном канале высокого порога. Сокращение площади нерестилищ в нижнем течении реки обусловлено сокращением подземного питания и водности, а также заилением русла.

Благодарности

Исследования выполнены при финансовой поддержке ЗАО «Корякгеолдобыча», ведущего разработку Сейнав-Гальмознанского месторождения россыпной платины.

Литература

- Алексеев В.Р.* Наледи и наледные процессы. Новосибирск: Наука, 1978. 202 с.
- Васильев А.В., Шмидт С.В.* Водно-технические изыскания. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 367 с.
- Леман В.Н., Упрямов В.Е., Чебанова В.В.* Экологические проблемы добычи россыпного и рудного золота в бассейнах лососевых нерестовых рек Камчатки // Пробл. охраны и рационального использования биоресурсов Камчатки: докл. II Камчат. обл. науч.-практ. конф. 3–6 окт. 2000 г. Петропавловск-Камчатский, 2000. 49–60 с.
- Лучшева А.А.* Практическая гидрометрия. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 423 с.
- Мирихулава Ц.Е.* Основы физики и механики эрозии русл. Л.: Гидрометеиздат, 1988. С. 159.
- Тиунова Т.М.* Методы сбора и первичной обработки количественных проб // Метод. рекомендации по сбору и определению зообентоса при гидробиол. исслед. водотоков Дальнего Востока России. М.: ВНИРО, 2003. С. 5–13.
- Чалов С.Р., Иванов В.В.* Формирование пойменной многорукавности в районах наледообразования // Динамика и термика рек, водохранилищ и прибрежной зоны морей, VI науч. конф.: тр. ИВПАН. 2004. 489 с.

- Boulton A.J., Spangaro G.M., Lake P.S.* Macroinvertebrate distribution and recolonization on stones subjected to varying degrees of disturbance – an experimental approach // *Arch. Hydrobiol.* 1988. V. 113. P. 551–576.
- Dudgeon D.* Effects of water transfer on aquatic insects in a stream in Hong Kong // *Regul. Rivers: Res. Manage.* 1992. V. 7, N 4. P. 369–377.
- Gore J.A.* Patterns of initial benthic recolonization of reclaimed coal strip-mined river channel // *Can. J. Zool.* 1979. V. 57, N 12. P. 2429–2439.
- Ham K.D., Pearsons T.N.* Can reduced salmonid population abundance be detected in time to limit management impacts? // *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 2000. V. 57, N 1. P. 17–24.
- MacKay R.J.* Colonization by lotic macroinvertebrates: a review of processes and patterns // *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1990. V. 49, N 3. P. 617–628.
- Williams D.D., Hynes H.B.* The recolonization mechanisms of stream benthos // *Oikos.* 1976. V. 27, N 2. P. 265–272.
- Williams D.D.* Temporal patterns in recolonization of stream benthos // *Arch. Hydrobiol.* 1980. V. 90, N 1. P. 56–74.
- Winterbourn M.J., Hildrew A.G., Box A.* Structure and grazing of stone surface organic layers in some acid streams of southern England // *Freshwater Biol.* 1985. V. 15. P. 363–374.