

УДК 574.58(571.65):622.853:504.05

**Е. В. Хаменкова¹, И. С. Голованов², И. Л. Изергин²,
С. Л. Марченко²**

**РЕАКЦИЯ ГИДРОФАУНЫ РЕКИ ХАСЫН НА
ВЫМЫВАНИЕ МЕЛКОДИСПЕРСНОЙ ПУЛЬПЫ ИЗ
ХВОСТОХРАНИЛИЩА КАРАМКЕНСКОГО
ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА
(МАГАДАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

Анализируются последствия массированного выноса мелкодисперсной пульпы из хвостохранилища Карамкенского горно-обогатительного комбината и рассеивания ее по руслу и берегам реки, относящейся к предгорному комплексу лососевых рек. Даны оценка реакции фауны на происшествие в первые месяцы после аварии и прогноз вероятных последствий.

Ключевые слова: Северное Охотоморье, р. Хасын, техногенное загрязнение, структура зообентоса, ихтиофауна, лососевые нерестилища.

Горнодобывающая отрасль является наиболее значимой для экономики Магаданской области, а природа Крайнего Севера характеризуется высокой уязвимостью к различным загрязнениям и длительными восстановительными процессами. В этой связи серьезную озабоченность вызвала чрезвычайная ситуация, сложившаяся на побережье Северного Охотоморья осенью 2009 г.

Река Хасын (длина 115 км) — типичный лососевый водоток Северного побережья Охотского моря, крупнейший приток р. Армань. В верховьях р. Хасын, в пойме руч. Туманный, расположено законсервированное хвостохранилище бывшего Карамкенского горно-обогатительного комбината (ГОК). В августе 2009 г. после интенсивных дождей произошел промыв ограждающей дамбы, в результате чего 1 млн. м³ воды и 150 тыс. м³ пульпы вместе с породами разрушенной дамбы прошли по долине руч. Туманный в виде селевого потока и затем вышли и осели в долине р. Хасын [9]. Безотлагательно начались работы, связанные с мониторингом последствий этого стихийного бедствия, в том числе и гидробиологические. До наших исследований данные о видовом составе и структуре бентосных сообществ р. Хасын отсутствовали.

Материал и методика исследований. Количественные и качественные пробы бентоса отбирали по стандартным гидробиологическим методикам

© Е. В. Хаменкова, И. С. Голованов, И. Л. Изергин, С. Л. Марченко, 2014

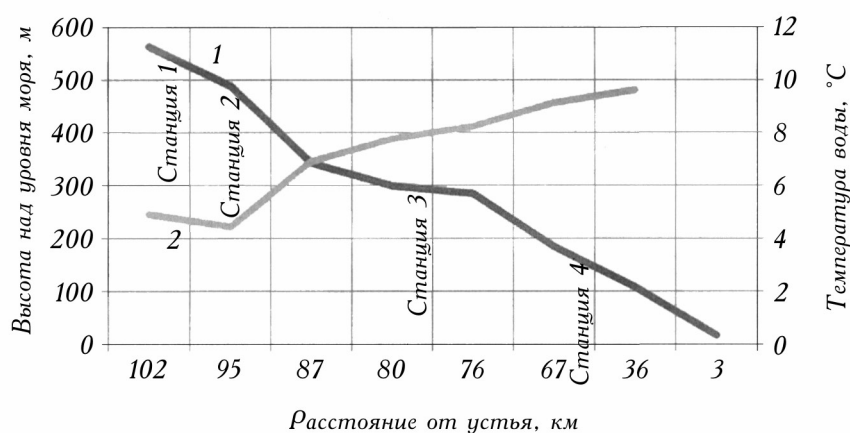


Схема расположения станций отбора проб в русле р. Хасын, уклон реки (1) и средняя за сезон температура воды (2) на станциях.

[16] на четырех станциях (рисунок), в период с начала сентября по конец ноября 2009 г. Всего было отобрано 27 проб в пяти сериях: 3, 7 и 26 сентября, 29 октября и 26 ноября. Все они были взяты на перекатах. Состав ихтиоценоза и распределение ихтиофауны р. Хасын оценивали преимущественно визуально.

Станция 1 — фоновая, не затронутая селевым потоком, расположена в 5 км выше точки выброса пульпы из хвостохранилища. Ширина реки на этом участке в период межени составляет около 3 м, глубина — около 0,29 м, средняя скорость течения — 0,63 м/с, грунт представлен крупной и средней галькой, небольшим количеством валунов, температура воды в течение сезона колеблется от 0,3 до 7,3°C.

Станция 2 расположена в зоне максимального загрязнения (район пос. Карамкен), ширина реки здесь в период межени составляет 6 м, средняя глубина — 0,24 м, средняя скорость течения — 0,64 м/с, грунт представлен валунами, крупной и средней галькой, температура воды — от 0,1 до 8,1°C.

Станция 3 расположена в 20 км ниже ст. 2 (район пос. Хасын), ширина реки на этом участке в меженный период составляет 20 м, глубина — 0,37 м, средняя скорость течения — 0,63 м/с, температура воды варьирует от 0,1 до 10,0°C, грунт состоит из крупной и средней гальки.

Станция 4 находится в 40 км ниже ст. 2 на участке между поселками Сплавная и Стекольный, ширина реки в меженный период составляет около 30 м, глубина — 0,42 м, средняя скорость течения — 0,76 м/с, температура воды — от 0,2 до 13,3°C, грунт — крупная и средняя галька.

Согласно действующим стандартам (ГОСТ 17.1.2.04-77 и ГОСТ 17.1.3.07-82) при оценке состояния рыбохозяйственных водных объектов список обязательных показателей по зообентосу содержит общую числен-

ность (экз/м²) и биомассу (г/м²), количество видов, количество групп с учетом их токсобности и количество видов в них, численность и биомассу основных групп, массовые виды и виды — индикаторы сапробности и токсобности (наименование, % общей численности).

Основным загрязнителем р. Хасын в исследованный период являлся твердый сток, поэтому для оценки состояния зообентоса были использованы критерии и коэффициенты, показавшие свою эффективность в подобных случаях [2, 5, 15, 21]. При установлении состава и распределения таксономических групп особое внимание уделялось отрядам поденок, веснянок и ручейников (т. е. группам, используемым при расчете индекса *EPT*), как наиболее чувствительным к различным видам загрязнения [2, 21, 23]. При оценке степени воздействия загрязнения на бентофауну использовали *коэффициент реагирования*, рассчитываемый по убыли общей численности населения водотока [21]. Степень воздействия определяется как прямое уничтожение — снижение численности на 75—100%, сильное воздействие — 50—74,9%, умеренное — 25,0—49,9%, слабое — 0—24,9%.

При определении структуры сообществ использовали классификацию А. М. Чельцова-Бебутова в модификации В. Я. Леванидова [8], согласно которой доминанты составляют 15% и более от общей численности, субдоминанты — 5,0—14,9%, второстепенные виды — 1,0—4,9%, третьестепенные — менее 1,0%.

Результаты исследований и их обсуждение

В первые дни экологического бедствия живые организмы присутствовали даже на участках, где слой пульпы превышал 10—15 см. Не было обнаружено и погибших рыб, что косвенно свидетельствовало об отсутствии в воде ядовитых реагентов. Данное наблюдение было подтверждено лабораторными исследованиями [9].

Загрязнение тонкодисперсными минеральными взвешьями в реках относится к широкораспространенным и трудно поддающимся контролю. Исследования, проведенные в водоемах Камчатки, показали, что техногенное увеличение мутности и оседание мелкофракционных осадков на дно водотоков угнетающе действуют на литореофильный бентос [21]. Многократное и длительное превышение их естественного уровня приводит к полной деградации донного населения, причем первыми реагируют на ухудшение условий обитания поденки, веснянки, ручейники и мошки. Схожая картина отмечена при исследовании водотоков зал. Невельского [5].

В бентосе р. Хасын зарегистрировано восемь таксономических групп: Nematoda, Oligochaeta, Planaria, Acarina, Amphipoda, Diptera, Ephemeroptera и Trichoptera. Отряды двукрылых (Diptera) и веснянок (Plecoptera) включали по четыре семейства, поденок (Ephemeroptera) — пять, ручейников (Trichoptera) — два. Наибольшее количество видов и таксономических групп отмечено на фоновой станции.

На ст. 1 в сентябре ядро сообщества по численности было сформировано исключительно поденками *Cinigmula* sp., которые, наряду с веснянками сем. Perlodidae и поденками *Baetis bicaudatus* доминировали и по биомассе. Группа субдоминантов по численности была сформирована в основном хирономидами и только 03.09 — хирономидами и поденками *B. bicaudatus*. Субдоминанты по биомассе в сентябре постоянно менялись, так 03.09 это были веснянки *Suwallia* sp., 07.09 — веснянки *Arcynopteryx* sp. и поденки *B. bicaudatus*, 29.09 — поденки *Ameletus* sp. и различные представители отряда двукрылых. В октябре субдоминанты по численности отсутствовали, а по биомассе преобладали поденки *Cinigmula* sp. и *Ameletus labiatus* и веснянки *Arcynopteryx* sp. В ноябре поденки *Cinigmula* sp. были субдоминантами как по численности, так и по биомассе. В группу субдоминантов по биомассе входили также веснянки *Isoperla* sp.

На ст. 2 пробы были отобраны только в сентябре. Основу численности составляли хирономиды и поденки *Cinigmula* sp. Субдоминантами были преимущественно поденки *Ameletus* sp., кроме них, 03.09 — поденки *B. bicaudatus*; 07.09 — веснянки сем. Capniidae, а 29.09 — клещи. Состав доминантов по биомассе был нестабильным. В начале сентября это были поденки *A. labiatus* и *B. bicaudatus*, 07.09 — различные двукрылые, 29.09 — поденки *Ameletus* sp. и *Cinigmula* sp. Субдоминантами по биомассе в течение всего месяца были хирономиды, 03.09 к этой группе относились также веснянки *Nemoura* sp., а 07.09 — поденки *Ameletus* sp., *Cinigmula* sp. и *B. bicaudatus*. На этой станции веснянки встречались преимущественно как второстепенные виды, кроме *Nemoura* sp., которые входили в состав субдоминантов по биомассе (03.09), и Capniidae — по численности (29.09).

На ст. 3 в первой декаде сентября по численности доминировали поденки *Cinigmula* sp., в остальное время — хирономиды. Субдоминантами были преимущественно веснянки (*Arcynopteryx* sp., Capniidae, *Suwallia* sp. и *Taenioptera japonicum*). С течением времени разнообразие субдоминантов снижалось, в октябре эту группу представляли только поденки *Cinigmula* sp., в ноябре субдоминанты отсутствовали. По показателям биомассы 03.09 доминировали веснянки *Arcynopteryx* sp. и *Suwallia* sp., первые в дальнейшем на этом участке не встречались, а вторые перешли в категорию второстепенных видов. Ядро сообщества 07.09 составляли поденки *Cinigmula* sp. и *Baetis* sp., хирономиды и другие двукрылые. В конце сентября доминировали ручейники, в октябре и ноябре — хирономиды (> 70%), а в ноябре — еще и лимониды (20,5%). Субдоминантами в течение всего периода исследований были в основном поденки и веснянки. В ноябре субдоминанты по биомассе отсутствовали.

На ст. 4 основу численности составляли поденки *Cinigmula* sp. В конце сентября эту группу дополнили хирономиды и поденки *Ephemerella aurivillii*, а в октябре и ноябре — хирономиды и поденки *Cinigmula* sp. Группа субдоминантов 07.09 включала поденок *Ameletus* sp., *Ephemerella* sp. и *B. bicaudatus*, веснянок *T. japonicum* и двукрылых, 29.09 — поденок *B. bicaudatus* и веснянок *Suwallia* sp., в октябре — *B. bicaudatus* и *Ephemerella* sp., в ноябре — *Ephemerella* sp. По биомассе в конце сентября доминировали *E. aurivillii* и веснянки *Arcynopteryx* sp., в октябре — хирономиды и веснянки *Arcynopteryx*

sp. и *Diura* sp., в ноябре — хирономиды, веснянки *Arcynopteryx* sp. и поденки *Cinigmula* sp. Субдоминантами в начале сентября были веснянки *Arcynopteryx* sp. и различные двукрылые, а в октябре — поденки *A. labiatus* и *Cinigmula* sp.

На всех участках р. Хасын были обнаружены веснянки сем. Capniidae и *Suwallia* sp., которые характеризуются очень низкой толерантностью к изменению условий среды обитания и, следовательно, наиболее чутко реагируют на любые виды антропогенного воздействия. В большинстве случаев в структуре сообществ макрозообентоса они относились к второстепенным, но иногда доминировали по биомассе (03.09 на ст. 3) или были субдоминантами по обоим показателям.

Различия структуры сообществ макрозообентоса фонового и загрязненных участков прослеживались преимущественно на уровне субдоминантов и второстепенных видов. В наибольшей степени пострадала бентофауна станциях 2 и 3. На ст. 2 наблюдалось максимальное упрощение структуры сообщества относительно фонового и других участков. На ст. 3 структура сообщества была представлена разнообразнее, но отличалась нестабильностью и менялась при каждом отборе проб. Структура бентоса на ст. 4 была наиболее разнообразна и характеризовалась значительной долей веснянок.

Известно, что представители поденок, веснянок и ручейников играют заметную роль в формировании структуры донных сообществ в лососевых реках [6, 10, 20], в том числе в р. Хасын. В сентябре на станциях 1 и 4 поденки достигали соответственно 85,2 и 71,5% общей численности и 24,2 и 22,0% — биомассы. Веснянки были субдоминантами по численности и доминантами по биомассе.

На станциях 2 и 3 поденки доминировали по обоим количественным показателям, а веснянки чаще относились к субдоминантам и второстепенным видам. Только 03.09 они доминировали как по численности, так и биомассе, а в октябре — только по биомассе. Ручейники повсеместно относились к второстепенным видам. В целом доля поденок, веснянок и ручейников составляла от 0,5 до 91,9% численности и от 0,2 до 72,2% биомассы (табл. 1). С течением времени значение их в макрозообентосе загрязненных участков снижалось. Например, за период исследований на ст. 3 доля поденок в численности снизилась с 61,8 до 0,09%, в биомассе — с 26,4 до 0,02%.

Пик убыли численности донного населения пришелся на сентябрь — к концу месяца на ст. 2 погибло более 90% особей, на ст. 3 — более 80%. Однако в ноябре на ст. 3 численность возросла более чем на 300%, структура сообщества значительно изменилась относительно других участков. Хирономиды достигли 98% численности и 79% биомассы. В это же время на ст. 4 численность относительно фона продолжала убывать (табл. 2).

Ихтиофауна рек Хасын и Армань представлена преимущественно лососевидными рыбами. Все они, как правило, весьма остро реагируют на изменение качественного состава вод, в том числе и на изменение содержания взвесей. Результатом подобных реакций лососей и хариуса на загрязнение

1. Доля поденок, веснянок и ручейников в бентосе р. Хасын (%)

Таксоны	Ст. 1	Ст. 2	Ст. 3	Ст. 4
3 сентября				
Ephemeroptera	<u>74,3</u> 24,2	<u>89,1</u> 41,3	<u>58,8</u> 4,8	—
Plecoptera	<u>7,1</u> 27,9	<u>10,9</u> 5,0	<u>26,5</u> 35,6	—
Trichoptera	×	×	×	—
7 сентября				
Ephemeroptera	<u>83,2</u> 11,7	<u>64,4</u> 16,6	<u>61,8</u> 26,4	<u>71,5</u> 5,4
Plecoptera	<u>7,2</u> 4,6	<u>8,5</u> 1,4	<u>14,5</u> 2,1	<u>12,4</u> 29,8
Trichoptera	<u>0,4</u> 0,0	×	<u>1,8</u> 5,5	×
29 сентября				
Ephemeroptera	<u>85,2</u> 16,2	<u>55,6</u> 18,3	<u>8,3</u> 15,2	<u>42,6</u> 19,4
Plecoptera	<u>4,1</u> 20,9	×	<u>4,2</u> 0,4	<u>19,5</u> 22,0
Trichoptera	<u>0,6</u> 0,1	×	<u>8,3</u> 93,4	×
26 октября				
Ephemeroptera	<u>45,6</u> 23,0	—	<u>14,4</u> 19,2	<u>57,3</u> 22,0
Plecoptera	<u>4,3</u> 23,1	—	<u>3,7</u> 20,7	<u>4,3</u> 40,8
Trichoptera	<u>0,4</u> 2,0	—	<u>0,5</u> 0,8	×
29 ноября				
Ephemeroptera	<u>14,7</u> 5,9	—	<u>0,09</u> 0,02	<u>31,2</u> 9,5
Plecoptera	<u>3,5</u> 8,0	—	<u>0,46</u> 0,05	<u>8,5</u> 89,5
Trichoptera	<u>0,2</u> 0,5	—	<u>0,05</u> 0,09	×

Примечание. Над чертой — численность, под чертой — биомасса; «—» — пробы не отбирали; «х» — группа не обнаружена.

2. Изменение численности организмов зообентоса в продольном профиле р. Хасын, %

Дата	Ст. 2	Ст. 3	Ст. 4
03.09.	– 59,3	– 54,9	—
07.09.	– 88,5	– 89,3	– 73,2
29.09.	– 96,4	– 81,1	– 62,5
26.10.	—	– 78,1	– 69,5
29.11.	—	+ 325,0	– 61,0

Примечание. «—» — пробы не отбирали.

водоемов является уменьшение их численности, имеющее двоякое происхождение — откочевка с загрязненных участков русла и снижение эффективности воспроизводства [1, 3, 4, 7, 11—14, 22, 24].

За период обследования р. Хасын установлено, что после начала выноса пульпы и увеличения содержания взвешенных веществ в воде до 2,0—2,5 г/л практически все рыбы покинули основное русло. Преобладающая масса скатилась в р. Армань, отдельные небольшие группы хариуса и проходного гольца откочевали в притоки. Малочисленные стайки молоди проходного гольца наблюдались в русле р. Хасын выше источника загрязнения.

После завершения паводка, возвращения реки в меженное состояние и возведения мелких фильтрующих дамб содержание взвешенных веществ в воде основного русла значительно снизилось. В районе ст. 3 и ниже по течению оно достигло фонового уровня — 3—5 мг/л. Однако даже через месяц после происшествия активного возвращения таких видов рыб, как голец и хариус, в основное русло реки не наблюдалось.

Заключение

Разрушение ограждающей дамбы Карамкенского хвостохранилища привело к катастрофическому загрязнению русла р. Хасын тонкими минеральными частицами — отходами золотоизвлекательной фабрики. Реакция макрозообентоса реки на залповый сброс взвешенных и влекомых наносов соответствовала таковой в других регионах Дальнего Востока [5, 17—19, 21]. Динамика качественных и количественных показателей зообентоса в послепаводковый период свидетельствует о том, что наиболее пострадавшим в результате аварии оказался двадцатикилометровый участок р. Хасын, расположенный между устьем руч. Туманный и п. Хасын (станции 2 и 3), где заиление грунта пульпой было наиболее сильным. После восстановления ограждающей дамбы хвостохранилища Карамкенского ГОК р. Хасын безусловно вернется в исходное состояние, а разнообразие и характерная структура сообществ гидробионтов восстановятся.

**

Проаналізовано наслідки масового виносу дрібнодисперсної пульпи з хвостосховища Карамкенського горно-збагачувального комбінату (Магаданська обл.) та її

розсіювання по руслу р. Хасин, що входить до комплексу лососевих річок. Надано оцінку реакції донної фауни в перші місяці після аварії та прогноз подальшого розвитку.

**

Paper deals with consequences of mass carrying out of burden from tailing pit of Karamkensky mining and processing plant and its distribution along the river bed of the Khasyn River of submontane complex of salmon rivers. The reaction of fauna during the first months after the accident and the forecast of probable consequences are evaluated.

**

1. Абрамов В.В. Состояние запасов и пути увеличения численности амурской горбуши // Тр. совещ. по вопросам лососевого хозяйства Дальнего Востока. — М.: Изд-во АН СССР, 1954. — С. 48—69.
2. Вшивкова Т.С., Омельченко М.В., Бурухина Е.В. и др. Оценка влияния Партизанской ГРЭС на экологическое состояние р. Партизанская и р. Ключ Лозовый // Чтения памяти В.Я. Леванидова. — Владивосток: Дальнаука, 2005. — Вып. 3. — С. 139—155.
3. Голованов И.С. О естественном воспроизводстве горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) (Salmonidae) на северном побережье Охотского моря // Вопр. ихтиологии. — 1982. — Т. 22, вып. 4. — С. 568—575.
4. Канигъев А.Н. Абиотические условия в нерестовых буграх горбуши (*Oncorhynchus gorbuscha* Walbaum) // Изв. ТИНРО. — 1967. — Т. 61. — С. 94—103.
5. Коротенко Г.А. Биота и сообщества макрозообентоса водотоков материкового побережья пролива Невельского: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток, 2009. — 18 с.
6. Кочарина С.Л., Хаменкова Е.В. Структура сообществ донных беспозвоночных некоторых водотоков бассейна р. Тауй (Магаданская область) // Чтения памяти В.Я. Леванидова. — Владивосток: Дальнаука, 2003. — Вып. 2. — С. 91—106.
7. Леванидов В.Я. О гидрологическом режиме нерестилищ кеты и горбуши // Изв. ТИНРО. — 1968. — Т. 64. — С. 101—125.
8. Леванидов В.Я. Биомасса и структура донных биоценозов реки Кедровой. Пресноводная фауна заповедника «Кедровая падь» // Тр. Биол.-почв. ин-та ДВНЦ АН СССР. — 1977. — Т. 45 (148). — С. 126—159.
9. Москвина О.Я., Замощ М.Н. Экологические и социальные последствия аварии на хвостохранилище Карамкенского ГМК в 2009 г. [Электронный ресурс] — 2011. — URL: <http://www.ecodelo.org>.
10. Пресноводная фауна заповедника «Кедровая Падь» / Под ред. В.Я. Леванидова, И.М. Леванидовой, Е.А. Макаренченко. — Владивосток, 1977. — 175 с.
11. Русанов В.В., Зюсько А.Я., Ольшванг В.Н. Состояние отдельных компонентов водных биогеоценозов при разработке месторождений дражным способом. — Свердловск, 1990. — 124 с.
12. Рухлов Ф.Н. О речном периоде жизни нерестовой осенней кеты и горбуши Сахалина // Изв. ТИНРО. — 1973. — Т. 91. — С. 25—30.

13. Рухлов Ф.Н. Материалы по характеристике механического состава грунта нерестилищ и нерестовых бугров горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) и кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) на Сахалине // Вопр. ихтиологии. — 1969. — Т. 9, № 5. — С. 839—849.
14. Смирнов А.Г. Состояние запасов амурских лососей и причины их численных колебаний // Изв. ТИНРО. — 1947. — Т. 25. — С. 33—51.
15. Тесленко В.А. Оценка гидробиологического режима р. Рудная по составу донных беспозвоночных // Донные организмы пресных вод Дальнего Востока. — Владивосток: ДВО АН СССР, 1986. — С. 116—127.
16. Туунова Т.М. Методы сбора и первичной обработки количественных проб. Методические рекомендации по сбору и определению зообентоса при гидробиологических исследованиях водотоков Дальнего Востока России: Методическое пособие. — М., 2003. — С. 5—13.
17. Туунова Т.М., Тесленко В.А., Макаренко М.А. Структурные изменения биомассы донных беспозвоночных в водотоках бассейна реки Бурей // Гидроэкологический мониторинг зоны влияния Бурейского гидроузла. — Хабаровск, 2007. — С. 209—217.
18. Туунова Т.М., Тесленко В.А., Макаренко М.А., Резник И.В. Реакция бентосных сообществ реки Чульман на хроническое антропогенное воздействие (Южная Якутия) // Чтения памяти В.Я. Леванидова. — Владивосток: Дальнаука, 2011. — Вып. 5. — С. 540—550.
19. Хаменкова Е.В. Первый опыт применения гидробиологических индексов оценки качества вод в реках Магаданской области // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: Материалы XIII междунар. науч. конф., Петропавловск-Камчатский, 14—15 нояб. 2012 г. — Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2012. — С. 301—306.
20. Чебанова В.В. Бентос лососевых рек Камчатки. — М.: ВНИРО, 2009. — 172 с.
21. Bruton M.N. The effects of suspensoids on fish // Hydrobiologia. — 1986. — Vol. 125. — P. 221—241.
22. Lenat D.R. Using aquatic insects to monitor water quality // Aquatic Insects of China useful for monitoring water quality / Ed. by J.C.Morse, L.Yang, L.Tian. — 1994. — 570 p.
23. Ringer N.H., Hall J.D. Vertical distribution of sediment and organic debris in coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) redds in three small Oregon streams // Can. J. Fish. Aquat. Sci. — 1988. — Vol. 45, N 4. — P. 742—747.

¹ Институт биологических проблем Севера, Магадан, РФ

² Магаданский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, РФ

Поступила 19.09.13