

УДК 581.92

СОСТАВ И СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ ВАСИЛЛАРИОРНУСЕАЕ р. ХАСЫН в 2010 г. – ПОСЛЕДСТВИЯ ЧС НА КАРАМКЕНСКОМ ХВОСТОХРАНИЛИЩЕ (МАГАДАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

В. Г. Харитонов

*Институт биологических проблем Севера ДВО РАН, г. Магадан
E-mail: kharitonov@ibpn.ru*

Представлены сведения о структуре и динамике развития сообществ диатомовых водорослей р. Хасын в первый вегетационный сезон после ее катастрофического загрязнения вследствие частичного разрушения ограждающей дамбы хвостохранилища Карамкенского ГОКа 29 августа 2009 г. и залпового выброса пульпы в водоем.

Ключевые слова: Магаданская область, река Хасын, структура сообществ, диатомовые водоросли.

Река Хасын – лососевая река в Хасынском районе Магаданской области, в 2009 г. подверглась загрязнению содержимым Карамкенского хвостохранилища (Харитонов, 2012). Первое после ЧС гидробиологическое обследование здесь было проведено сотрудниками ИБПС ДВО РАН практически через месяц. Руководствуясь предварительными данными диатомового анализа, отражавшего возможности сообществ диатомовых водорослей к восстановлению, мы условно поделили р. Хасын по степени загрязненности на 6 участков (рис. 1).

Участок Хасын-1 начинается в истоках и заканчивается устьем руч. Туманный. Отличается природной чистотой, практически не затронут хозяйственной деятельностью. Развитие сообществ диатомовых водорослей происходит в естественных условиях Северного Охотоморья.

Участок Хасын-2 начинается от устья руч. Туманный и заканчивается устьем р. Ягодники. Сильно загрязнен пульпой Карамкенского хвостохранилища. Некоторые признаки развития диатомовых альгоценозов появляются лишь в период глубокой межени.

Участок Хасын-3 начинается от устья р. Ягодники и заканчивается устьем р. Палатка. Отложения пульпы сохраняются лишь в прибрежной полосе. Именно здесь появляются отчетливые признаки восстановления фитоперифитона.

Участок Хасын-4 начинается от устья р. Палатка и заканчивается устьем р. Нелкандя. Здесь многие сообщества фитоперифитона восстанавливаются полностью. Существенно возрастает видовое разнообразие диатомовых.

Участок Хасын-5 начинается от устья р. Нелкандя и заканчивается устьем р. Уптар. Развитие сообществ ничем не отличается от подобных в прочих реках региона.

Участок Хасын-6 начинается от устья р. Уптар и заканчивается устьем р. Хасын. Развитие сообществ ничем не отличается от подобных участков в прочих реках региона. Вышеуказанная схема полностью подтвердилась в 2010 г.

Общий список диатомовых водорослей, обнаруженных в бассейне р. Армань, насчитывает более 300 видов и разновидностей (Харитонов,

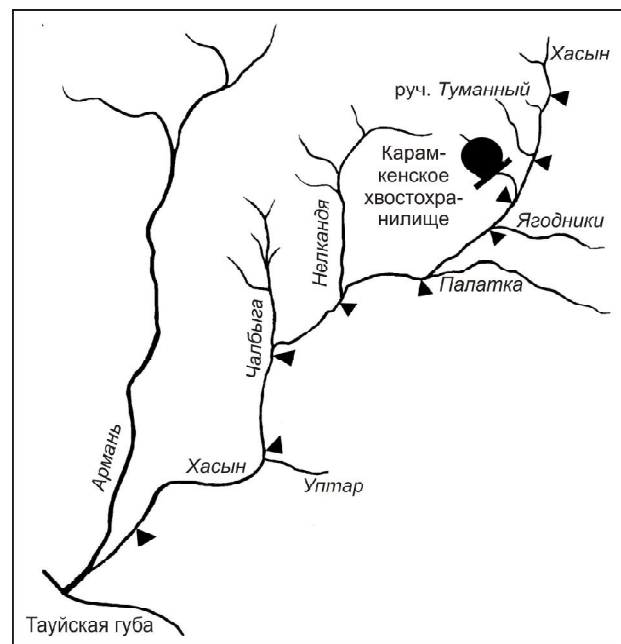


Рис. 1. Схема отбора проб в р. Хасын (треугольниками отмечены станции отбора проб)

Fig. 1. The Khasyn River sampling scheme (triangles denote sampling stations)

2010). В р. Хасын выявлено 195 таксонов диатомей видового и подвидового ранга из 53 родов. Подавляющее большинство из них относится к видам перифитона и бентоса порядка Pennales (Харитонов, 2011).

Весна 2010 г. не отличалась высокими положительными температурами. В результате весеннее половодье оказалось растянутым. Резких скачков гидрографа не наблюдалось. Тем не менее высокая скорость течения и повышенный уровень воды в реке долгое время препятствовали отбору гидробиологических проб, который начался лишь 20 мая 2010 г.

Уровень воды в реке и скорость ее течения 20 мая 2010 г. исключали отбор альгологических проб на большинстве станций. На р. Хасын продолжалось весеннее половодье. По берегам многих рек бассейна р. Хасын лежали обширные наледы. Температура воды в реках колебалась в пределах 1–4°C; pH = 6,4–7,6. На всех станциях, исключая участок Хасын-1, наблюдалась повышенная мутность воды. Фитообрастания, видимые невооруженным глазом, отсутствовали. Тем не менее на участке Хасын-1 в составе микропленок на камнях и крупной гальке удалось идентифицировать 52 вида и разновидности Bacillariophyceae из 26 родов: *Achnanthisdium kriegeri* (Krasske) Hamilt., Anton. et Siver; *Aulacoseira nivalis* (W. Sm.) English et Potap.; *Diatoma anceps* (Ehr.) Kirchn.; *D. hiemalis* (Roth) Heib.; *Didymosphenia geminata* (Lyngeb.) M. Schmidt; *Eucocconeis alpestris* (Brun) L.-B.; *E. austriaca* (Hust.) L.-B.; *E. laevis* (Østr.) L.-B.; *Eunotia euryccephala* (Grun.) Nörp., L.-B.; *E. lapponica* Grun.; *E. rostellata* Hust.; *E. septena* Ehr.; *E. serra* Ehr.; *E. varioundulata* Nörp., L.-B.; *Fragilaria capucina* var. *vaucheria* (Kütz.) L.-B.; *F. montana* (Krasske) L.-B.; *Fragilariforma virescens* (Ralfs) Will. et Round; *Frustulia saxonica* Rabenh.; *Gomphonema auritum* Br.; *G. bohemicum* Reich. et Fricke; *G. clavatum* Ehr.; *G. dichotomum* Kütz.; *Hannaea arcus* (Ehr.) Patr.; *H. inaequidentata* (Lagerst.) Genk. et Kharit.; *Mayamaea descripta* (Hust.) L.-B.; *Navicula pseudosilicula* Hust.; *N. schadei* Krasske; *N. semen* Ehr.; *Nitzschia bacillariaeformis* Hust.; *Nupela neogracillima* (Hust.) Kulik. et L.-B.; *Orthoseira roeseana* (Rabenh.) O'Meara; *Pinnularia borealis* Ehr. var. *borealis*; *P. borealis* var. *scalaris* (Ehr.) Rabenh.; *P. brevicostata* Cl.; *P. distinguenda* (Cl.) Cl.; *P. divergens* W. Sm.; *P. mayeri* Kram.; *P. microstauron* (Ehr.) Cl.; *P. subcapitata* Greg.; *Planothidium holstii* (Cl.) L.-B.; *Platessa rupestris* (Krasske) L.-B.; *Psammothidium helveticum* (Hust.) Bukht. et

Таблица 1. Эколого-географическая характеристика фитобентоса на участке Хасын-1 по состоянию на 20.05.2010 г., %

Table 1. Ecological and geographical characteristics of phyto-benthos at the Khasyn-1 section as of 20.05.2010 (in %)

Отношение к солености	Отношение к pH	Отношение к сапробности	Географические характеристики
Oh(hb) – 33	cn – 46	os – 94	a-b – 29
Oh(in) – 67	ind – 29	β-ms – 6	k – 71
–	alf – 4	–	–
–	azf – 21	–	–

Примечание. Oh – олигогалоб; hb – галофоб, in – индифферент, hl – галофил; mh – мезогалоб; cn – циркумнейтральный, ind – индифферент (pH), alf – алкалофил, azf – ацидофил; os(ks) – ксеносапробионт, os – олигосапробионт, β-ms – бэта-мезосапробионт, α-ms – альфа-мезосапробионт; a-b – арктобореальный, k – космополит.

Round; *P. perpusillum* (Østr.) L.-B.; *Stauroneis alpina* Hust.; *S. anceps* f. *linearis* Rabenh.; *S. legumen* (Ehr.) Kütz.; *S. smithii* var. *karelica* Wisl. et Kolbe; *Staurosirella pinnata* (Ehr.) Will. et Round var. *pinnata*; *S. pinnata* var. *acuminata* (Mayer) Will. et Round; *Stenopterobia delicatissima* (Lewis) Bréb.; *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kütz.; *Tetracyclus glans* (Ehr.) Ehr.; *Ulnaria gouldardi* (Bréb.) Kharit.

Все они оказались пресноводными формами. Большинство предпочитало чистые природные воды с нейтральными или слегка пониженными значениями pH (табл. 1).

В середине июня р. Хасын находилась в состоянии летней межени. Повсеместно наблюдалось чередование плесов и перекатов. Температура воды на разных участках реки колебалась от 5 до 10°C. На трех участках (Хасын-2, Хасын-3, Хасын-4) по-прежнему наблюдалась повышенная мутность воды. Тем не менее на всех станциях были заметны видимые невооруженным глазом фитообрастания.

Сообщества диатомовых водорослей р. Хасын в июне 2010 г. включали в целом 68 видов и разновидностей из 36 родов (табл. 2). Большинство из них по-прежнему было представлено пресноводными формами, но видов, развивающихся преимущественно в чистых природных водах, стало меньше. Появились альфа-мезосапробионты и алкалофилы. Доля ацидофилов снизилась.

Эта структурная перестройка фитоперифитона в первую очередь связана с наступлением первой летней межени и является откликом на изменившуюся экологическую ситуацию в р. Хасын. Уменьшение объема стока воды повлекло не только снижение стока влекомых и взвешенных веществ, но и существенно изменило физико-химические условия водной среды (освещенность, температуру, pH, концентрации растворенных газов, химических элементов и соединений). Они стали более благоприятными для развития фитоперифитона (табл. 3).

Таблица 2. Результаты диатомового анализа фитобентоса р. Хасын по состоянию на 15.06.2010 г.
Table 2. The results of the Khasyn River phytobenthos diatom analysis as of 15.06.2010

Таксоны	Станции					
	1	2	3	4	5	6
<i>Achnanthydium kriegeri</i> (Krasske) Hamilt., Anton. et Siver	1-2	-	-	-	-	-
<i>A. minutissimum</i> var. <i>gracillima</i> (Meist.) Bukht.	-	-	-	1	1	1
<i>Aulacoseira nivalis</i> (W. Sm.) English et Potap.	1	-	-	-	-	-
<i>Brachysira seriens</i> (Bréb.) Round et Mann	1	-	-	-	-	-
<i>Caloneis bacillum</i> (Grun.) Cl.	2	-	-	1	1	1
<i>C. silicula</i> (Ehr.) Cl.	-	1	2	2	1	1
<i>Cavinula cocconeiformis</i> (Greg.) Mann et Stickle	1	-	-	-	-	-
<i>Cocconeis neodiminuta</i> Kram.	-	-	-	1	-	-
<i>Cosmoneis pusilla</i> (W. Sm.) Mann et Stickle	-	-	1	2	-	-
<i>Cymbopleuracuspudata</i> (Kütz.) Kram.	-	1	1	2	1	-
<i>Diatoma anceps</i> (Ehr.) Kirchn.	2-3	-	-	-	-	-
<i>D. hiemalis</i> (Roth) Heib.	1-2	-	-	-	1	-
<i>D. tenuis</i> Ag.	-	2	2	3	2	2
<i>D. vulgaris</i> Bory	-	-	1	2	1	1
<i>Didymosphenia geminata</i> (Lyngb.) M. Schmidt	1-2	-	-	-	-	-
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) Mann	1	1-2	2	2-3	2	2
<i>E. silesiacum</i> (Bleisch) Mann	-	1	1	1-3	1-2	1
<i>Epithemia adnata</i> var. <i>porcellus</i> (Kütz.) Ross	-	-	-	-	1	1
<i>Eucocconeis austriaca</i> (Hust.) L.-B.	1-2	-	-	-	-	-
<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehr.) Schaarschm.	1-2	-	1-2	2	1	1
<i>E. pectinalis</i> (Kütz.) Rabenh.	1-2	-	1-2	1-2	1	1
<i>E. sudetica</i> O. Müll.	1-2	-	1	1	1	-
<i>Fragilaria capucina</i> Desm. var. <i>capucina</i>	1	-	1-2	1-2	1	1
<i>F. capucina</i> var. <i>vaucheria</i> (Kütz.) L.-B.	-	2	1	2-3	2	1
<i>F. gracilis</i> Østr.	1	-	1	2	2	1
<i>Fragilariforma virescens</i> (Ralfs) Will. et Round	1-3	-	-	-	1	-
<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehr.	-	-	-	1-2	1	1
<i>G. clavatum</i> Ehr.	1-2	-	-	-	1	1
<i>G. dichotomum</i> Kütz.	2	-	-	-	-	-
<i>G. olivaceoides</i> Hust.	-	-	-	1	1	-
<i>Hannaea arcus</i> (Ehr.) Patr.	2-4	1-2	2-3	3-4	4-5	3-4
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.) Grun.	-	2	1-2	1-2	1	1
<i>Meridion circulare</i> (Grev.) Ag. var. <i>circulare</i>	1-2	-	-	-	1	1
<i>M. circulare</i> var. <i>constrictum</i> (Ralfs) V.H.	1	-	-	-	1	-
<i>Navicula capitatoradiata</i> Germ.	-	1-2	1	1-2	1	1
<i>N. cari</i> Ehr.	-	2	1	2-3	2	1
<i>N. pseudosilicula</i> Hust.	-	-	-	1	-	1
<i>N. radiosa</i> Kütz.	-	-	-	-	1	1
<i>N. rhynchocephala</i> Kütz.	-	1-2	1	2-3	1	1
<i>N. semen</i> Ehr.	1-2	-	-	-	1	-
<i>N. veneta</i> Kütz.	-	1-2	2	2-3	2	1
<i>Neidium dilatatum</i> (Ehr.) Cl.	-	1	1	2	1	1
<i>N. iridis</i> (Ehr.) Cl.	1	-	-	-	1	1
<i>Nitzschia alpina</i> Hust.	1	-	-	1	1	1
<i>N. amphibia</i> Grun.	-	2	1	2-3	2	1
<i>N. capitellata</i> Hust.	-	1	1	2	1	1
<i>N. microcephala</i> Grun.	-	1-2	1	2-3	2	2
<i>Pinnularia appendiculata</i> (Ag.) Cl.	1-2	-	-	-	1	1
<i>P. borealis</i> Ehr. var. <i>borealis</i>	1-2	-	-	-	-	1
<i>P. divergens</i> W. Sm.	1-2	-	-	-	-	-
<i>P. microstauron</i> (Ehr.) Cl.	2-3	-	-	-	1	1
<i>P. viridis</i> (Nitzsch) Ehr. var. <i>viridis</i>	-	-	-	1-2	1	1
<i>Placoneis exigua</i> (Greg.) Mereschk.	-	-	1	1-2	1	1

<i>Planothidium dispar</i> (Cl.) Witkow.	–	1–2	1	1–2	–	1
<i>P. lanceolatum</i> (Bréb.) L.–B.	1–2	–	–	1	1	1
<i>Psammothidium helveticum</i> (Hust.) Bukht. et Round	1–2	–	–	–	–	–
<i>Pseudostaurosira brevistriata</i> (Grun.) Will. et Round	–	–	1	1–2	1	1
<i>Rhopalodia ventricosa</i> (Kütz.) O. Müll.	–	–	1	1	–	–
<i>Sellaphora bacillum</i> (Ehr.) Mann	1	–	1	1	–	1
<i>Stauroneis anceps</i> Ehr. var. <i>anceps</i> f. <i>anceps</i>	–	–	1	1	1	1
<i>Surirella brebissonii</i> var. <i>kuetzingii</i> Kram. et L.–B.	–	1	–	1	–	–
<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngb.) Kütz.	1	–	–	1–2	1	–
<i>T. flocculosa</i> (Roth) Kütz.	2–3	–	1–2	1	1	2
<i>Tetracyclus glans</i> (Ehr.) Ehr.	1–2	–	–	–	1	–
<i>Tryblionella gracilis</i> W. Sm.	–	1–2	–	1–2	1	–
<i>Ulnaria acus</i> (Kütz.) Aboal	–	–	–	1–2	2	2–3
<i>U. amphirhynchus</i> (Ehr.) Comp. et Bukht.	–	–	1	1	1	1
<i>U. ulna</i> (Nitzsch) Comp.	–	1–2	2	2–3	2	–
Всего	34	18	31	44	51	48

Оценка обилия таксонов проводилась с использованием шестибалльной шкалы: 1 – единично (1–5 экз. в препарате); 2 – редко (10–15 экз. в препарате); 3 – нередко (25–30 экз. в препарате); 4 – часто (по 1 экз. в каждом ряду покровного стекла при увеличении с иммерсией); 5 – очень часто (несколько экз. при тех же усл. овиях); 6 – в массе (несколько экз. в каждом поле зрения при тех же условиях). Таксоны с обилием 6 и 5 отнесены к доминантам, 4 – к субдоминантам, а водоросли с обилием 3 и ниже считались фоновыми видами.

Участок Хасын-1 отличался от прочих природной чистотой, прозрачностью и цветностью воды. Повсюду были заметны видимые невооруженным глазом фитообрастания в виде плотного оливково-бурого налета на камнях, валунах, гальке. Температура воды в разных точках этого участка реки держалась в пределах 6,2–6,4°C; pH = 7,0.

Участок Хасын-2 отличался от других наибольшей мутностью воды. На многих точках этого участка, особенно в прибрежье, были заметны видимые невооруженным глазом фитообрастания в виде многочисленных слизистых, рыхлых, зеленовато-оливково-бурых наростов и нитей на камнях, валунах, гальке.

Сообщество диатомовых водорослей в июне 2010 г. включало 34 вида из 24 родов (см. табл. 2). Все они являлись пресноводными формами. Большинство из них – обитатели чистых природных вод с нейтральными или слегка пониженными значениями pH (см. табл. 3).

Экологическая ситуация на данной станции по сравнению с ситуацией в мае не изменилась. Слегка уменьшилось разнообразие форм, зато закономерно увеличились количественные показатели развития альгоценозов. Увеличение доли бэта-мезосапробионтов произошло за счет увеличения берегового стока, характеризующегося повышенным содержанием биогенов вследствие оттайки продуктивных почвенных горизонтов. Остальные показатели мало отличались друг от друга, несмотря на то что видовой состав сообществ изменился более чем наполовину. Доля общих видов с майскими альгоценозами составила 47%.

Таблица 3. Эколого-географическая характеристика фитобентоса р. Хасын по состоянию на 15.06.2010 г., %

Table 3. Ecological and geographical characteristics of the Khasyn River phytoplankton as of 15.06.2010 (in %)

Участок	Отношение к солености	Отношение к pH	Отношение к сапробности	Географические характеристики
Хасын-1	Oh(hb) – 24	cn – 9	os – 62	a-b – 3
	Oh(in) – 76	ind – 70	β-ms – 38	k – 97
	–	alf – 3	–	–
	–	azf – 18	–	–
Хасын-2	Oh(in) – 83	ind – 44	os – 5	a-b – 5
	Oh(hl) – 17	alf – 56	β-ms – 23	k – 95
	–	–	α-ms – 72	–
Хасын-3	Oh(hb) – 3	ind – 48	os – 6	a-b – 6
	Oh(in) – 84	alf – 45	β-ms – 52	k – 94
	Oh(hl) – 13	azf – 7	α-ms – 42	–
Хасын-4	Oh(hb) – 2	ind – 52	os – 16	a-b – 9
	Oh(in) – 84	alf – 44	β-ms – 50	k – 91
	Oh(hl) – 14	azf – 4	α-ms – 34	–
Хасын-5	Oh(hb) – 6	cn – 2	os – 28	a-b – 4
	Oh(in) – 88	ind – 63	β-ms – 45	k – 96
	Oh(hl) – 6	alf – 29	α-ms – 27	–
	–	azf – 6	–	–
Хасын-6	Oh(hb) – 2	cn – 2	os – 21	a-b – 4
	Oh(in) – 90	ind – 63	β-ms – 52	k – 96
	Oh(hl) – 8	alf – 33	α-ms – 27	–
	–	azf – 2	–	–

Принятые обозначения см. в примечании к табл. 1.

Сообщество диатомовых водорослей на участке Хасын-2 в июне 2010 г. включало 18 видов из 11 родов (см. табл. 2). Практически все они оказались пресноводно-солонатоводными формами. Подавляющее большинство из них встречается в загрязненных органическими соединениями водах. По отношению к рН преобладают алкалофилы. Отсутствовали ацидофилы (см. табл. 3).

Экологическая ситуация на данной станции по сравнению с фоновой принципиально иная. Разнообразие форм снизилось в два раза, зато количественные показатели выше, чем на фоновой станции. Увеличение доли бета-мезосапробионтов и появление группы альфа-мезосапробионтов свидетельствует о загрязнении биотопов не только взвешенными веществами, но и биогенными элементами и соединениями, которые придают среде более щелочной характер. В альгоценозах данной станции практически отсутствуют виды с фоновых участков.

Участок Хасын-3 представлял собой череду плесов и перекатов. Температура воды в разных точках участка колебалась в пределах 8–9°C. Здесь по-прежнему наблюдалась повышенная мутность воды. Тем не менее повсеместно были заметны видимые невооруженным глазом фитообрастания, похожие на фитообрастания вышерасположенного участка Хасын-2.

Сообщество диатомовых водорослей на участке Хасын-3 в июне состояло из 31 вида, принадлежащего 19 родам (см. табл. 2). Большинство из них были представлены пресноводно-солонатоводными формами, предпочитающими умеренно загрязненные воды с нейтральными или слегка повышенными значениями рН. Появились немногочисленные ацидофилы (см. табл. 3).

Экологическая ситуация на данной станции по сравнению с предыдущей изменилась к лучшему. Разнообразие форм выросло. Снизилась доля альфа-мезосапробионтов, что свидетельствует об уменьшении загрязнения биотопов не только взвешенными веществами, но и биогенными элементами и соединениями. В альгоценозах появились виды, характерные для фоновых участков р. Хасын. Несмотря на то, что на данной станции оставалась высокой доля видов, характерных для станции Хасын-2 (55%), их количественное присутствие уменьшилось.

Участок Хасын-4. Повсеместно наблюдалось чередование плесов и перекатов. Температура воды достигала 11°C; рН=7,0. По-прежнему наблюдалась повышенная мутность. Тем не менее повсюду были заметны видимые невооруженным глазом фитообрастания.

Сообщество диатомовых водорослей на данном участке реки включало 44 вида из 25 родов (см. табл. 2). Большинство из них было представлено пресноводно-солонатоводными формами,

предпочитающими умеренно загрязненные воды с нейтральной или слегка щелочной средой (см. табл. 3).

Экологическая ситуация на данной станции по сравнению с предыдущими продолжает улучшаться. Разнообразие форм увеличивается. Снизилась доля альфа-мезосапробионтов, что свидетельствует об уменьшении загрязнения биотопов не только взвешенными веществами, но и биогенными элементами и соединениями. Выросла доля видов, характерных для участка Хасын-1. Уменьшилось число видов, преобладавших на участке Хасын-2.

Участок Хасын-5. Повсеместно наблюдалось чередование плесов и перекатов. Температура воды в разных точках этого участка реки колебалась от 9 до 11°C; рН=7,0. Повсюду были заметны видимые невооруженным глазом фитообрастания.

Сообщество диатомовых водорослей на участке Хасын-5 включало 51 вид из 25 родов (см. табл. 2). Большинство из них было представлено пресноводно-солонатоводными формами, предпочитающими умеренно загрязненные природные воды с нейтральными или слегка повышенными значениями рН (см. табл. 3).

Экологическая ситуация на данной станции по сравнению с предыдущими продолжает улучшаться. Сохраняется тренд на повышение разнообразия форм диатомовых водорослей. Увеличилась доля олигосапробионтов и снизилась – альфа-мезосапробионтов, что свидетельствует об уменьшении загрязнения биотопов как взвешенными веществами*, так и биогенами.

Участок Хасын-6. Повсеместно наблюдалось чередование плесов и перекатов. Температура воды на разных участках станции достигала 8–11°C; рН=7,0. На всех участках станции были заметны видимые невооруженным глазом фитообрастания.

Сообщество диатомовых водорослей на участке Хасын-6 в июне 2010 г. включало 48 видов и разновидностей из 23 родов (см. табл. 2). Большинство из них были представлены пресноводно-солонатоводными формами, предпочитающими умеренно загрязненные природные воды с нейтральными или слегка повышенными значениями рН (см. табл. 3).

Экологическая ситуация на данной станции по сравнению с предыдущими не ухудшилась. По-прежнему сохраняется высокий уровень разнообразия форм диатомовых водорослей. Отсутствуют свидетельства влияния на альгоценозы взвешенных веществ. Сохраняется высокая доля видов, характерных для фоновых участков р. Хасын.

*Мутность воды на данной станции визуальнo не фиксировалась.

Приведенная структура диатомовых сообществ р. Хасын свидетельствует о том, что в июне 2010 г. экологическая ситуация на участке реки, расположенном ниже устья руч. Туманный, резко отличалась от природных фоновых биотопов в сторону ухудшения общих условий развития диатомовых альгоценозов. Судя по уровню разнообразия и видам-индикаторам, этот участок реки является наиболее загрязненным. Однако на следующем участке – Хасын-3 ситуация существенно улучшается, не говоря уже об участке Хасын-4. Структура альгоценозов на участках Хасын-5 и Хасын-6 соответствует общей экологической ситуации в р. Хасын до катастрофы.

В начале июля р. Хасын находилась в состоянии летнего паводка. Уровень воды в реке и скорость течения выросли настолько, что не позволили отобрать альгологические пробы на всех станциях. Плесы и перекаты не различались. Температура воды 01.07.2010 г. по сравнению с предыдущим периодом понизилась до 5–6°C; значение рН также снизилось, но незначительно – до 6,9. По всему профилю реки наблюдалась повышенная мутность.

Видимые невооруженным глазом фитообращения исчезли. Визуальный осмотр характерных биотопов р. Хасын показал, что практически все альгоценозы были разрушены, что обычно для северных рек в период летне-осенних дождевых паводков. Сообщество диатомовых водорослей на участке Хасын-1 включало 18 видов из 16 родов: *Caloneis bacillum* (Grun.) Cl.; *Diatoma hiemalis* (Roth) Heib.; *Encyonema minutum* (Hilse) Mann; *Eucocconeis austriaca* (Hust.) L.-B.; *Eunotia bilunaris* (Ehr.) Schaarschm.; *E. pectinalis* (Kütz.) Rabenh.; *Fragilaria capucina* Desm.; *Fragilariforma virescens* (Ralfs) Will. et Round; *Gomphonema clavatum* Ehr.; *Hannaea arcus* (Ehr.) Patr.; *Meridion circulare* (Grev.) Ag.; *Neidium iridis* (Ehr.) Cl.; *Nitzschia alpina* Hust.; *Pinnularia borealis* Ehr.; *P. microstauron* (Ehr.) Cl.; *Planothidium lanceolatum* (Bréb.) L.-B.; *Sellaphora bacillum* (Ehr.) Mann; *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kütz. Все они оказались пресноводными формами, предпочитающими чистые или умеренно загрязненные природные воды с нейтральными значениями рН.

Экологическая ситуация на данной станции по сравнению с ситуацией в мае и июне изменилась как в качественном, так и в количественном отношении. Все макрообращения исчезли. В микропленках на камнях уменьшилось не только видовое разнообразие, но и количественные показатели их развития. Снизилась доля галофобов и увеличилась доля бэта-мезосапробионтов.

На участке Хасын-2 прозрачность воды 1 июля 2010 г. не превышала трех сантиметров, диатомовые не обнаружены.

На участке Хасын-3 прозрачность воды не превышала шести сантиметров, обнаружено 2 вида диатомовых: *Fragilaria capucina* и *Hannaea arcus*.

На участке Хасын-4 прозрачность воды не превышала пятнадцати сантиметров, обнаружено 3 вида диатомовых: *Fragilaria capucina*, *Hannaea arcus* и *Eunotia pectinalis*.

На участках Хасын-5 и Хасын-6 альгологические пробы отобрать не удалось из-за высокого уровня паводковых вод.

Описанные события регулярно повторялись в течение июля – августа – сентября. Всего в летне-осенний период 2010 г. прошло не менее 5–7 дождевых паводков разной интенсивности. В период максимального подъема воды сообщества фитобентоса разрушались и частично смывались речным потоком. В период спада пика паводка, снижения скорости потока и уменьшения мутности воды начиналось восстановление фитобентоса. Наиболее благоприятным временем развития реофильных сообществ является межень. На плесах в этот период обильно развиваются некоторые виды водорослей, на перекатах возрастает их разнообразие. Все это неоднократно наблюдалось на колымских ручьях и реках и детально изложено в наших публикациях (Самохвалов, Харитонов, 1983; Харитонов, Потапова, 1991; Харитонов, 1998, 1999, 2001, 2005 а, б, 2008 а-в, 2009 а, б).

Мы привели примеры развития сообществ диатомовых водорослей в период растянутого половодья, в период летней межени и в период летнего дождевого паводка. Ниже приводим сведения об их состоянии в период спада осеннего дождевого паводка, незадолго до наступления осенне-зимней межени.

Уровень воды в реке в этот период понизился настолько, что стала заметна разница между плесами и перекатами, но мутность была еще высока. Температура воды на разных участках реки колебалась от 1,6 до 4,7°C. Тем не менее на всех станциях были заметны видимые невооруженным глазом фитообращения.

Сообщество диатомовых водорослей р. Хасын в начале октября 2010 г. включало 37 видов и разновидностей из 27 родов (см. табл. 4). Большинство из них были представлены пресноводными формами, развивающимися преимущественно в умеренно загрязненных природных водах с нейтральными или слегка повышенными значениями рН.

По сравнению с летней структурой произошло существенное обеднение видового разнообразия и почти двукратное снижение доли олигосапробионтов. Остальные показатели от летних значений принципиально не отличались, несмотря на то что паводок продолжался и до осенне-зимней межени было еще далеко. Экологическую ситуацию в период спада пика осеннего паводка можно проследить по табл. 5.

Таблица 4. Результаты диатомового анализа фитобентоса р. Хасын по состоянию на 01.10.2010 г.
Table 4. The results of the Khasyn River phytobenthos diatom analysis as of 01.10.2010

Таксоны	Станции					
	1	2	3	4	5	6
<i>Achnantheidium minutissimum</i> var. <i>gracillima</i> (Meist.) Bukht.	–	–	–	1	–	1
<i>Caloneis silicula</i> (Ehr.) Cl.	–	–	–	–	1	–
<i>Cosmioneis pusilla</i> (W. Sm.) Mann et Stickle	–	–	–	1	–	1
<i>Cymbella neocistula</i> Kram.	1	–	–	–	1	–
<i>Diatoma hiemalis</i> (Roth) Heib.	1–2	–	–	–	–	–
<i>D. tenuis</i> Ag.	–	1	1	–	–	–
<i>D. vulgaris</i> Bory	1	–	1	1	–	–
<i>Didymosphenia geminata</i> (Lyngb.) M. Schmidt	1	–	–	1	–	–
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) Mann	1	–	1	1–2	1	1
<i>E. silesiacum</i> (Bleisch) Mann	–	1	1	1	–	–
<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehr.) Schaarschm.	1	–	–	1	1	–
<i>E. pectinalis</i> (Kütz.) Rabenh.	1	–	–	1	1	–
<i>Fragilaria capucina</i> Desm. var. <i>capucina</i>	2–3	–	1	1	1	1
<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehr.	–	–	–	1	1	–
<i>G. olivaceoides</i> Hust.	1	–	–	–	1	–
<i>Hannaea arcus</i> (Ehr.) Patr.	3–4	1	3–4	4–5	4–5	3–4
<i>H. inaequidentata</i> (Lagerst.) Genk. et Kharit.	1	–	–	1	1	–
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.) Grun.	–	1	1	–	–	–
<i>Meridion circulare</i> (Grev.) Ag. var. <i>circulare</i>	1–2	–	1	1	1	1
<i>M. circulare</i> var. <i>constrictum</i> (Ralfs) V. H.	–	–	–	1	1	–
<i>Navicula capitatoradiata</i> Germ.	–	1	1	–	–	1
<i>Neidium affine</i> (Ehr.) Pfitz.	–	–	–	–	1	1
<i>N. dilatatum</i> (Ehr.) Cl.	–	–	–	–	1	1
<i>Nitzschia amphibia</i> Grun.	–	1	–	–	–	1
<i>N. perminuta</i> (Grun.) M. Perag.	–	–	–	–	–	1
<i>Pinnularia brebissonii</i> (Kütz.) Rabenh.	–	–	–	1	1	–
<i>Placoneis exigua</i> (Greg.) Mereschk.	–	–	–	1	–	1
<i>Psammothidium ventralis</i> (Krasske) Bukht. et Round	–	–	–	–	1	–
<i>Reimeria sinuata</i> (Greg.) Koc. et Stoerm.	1	–	–	1	–	–
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (Ag.) L.-B.	–	–	–	–	–	1
<i>Rhopalodia ventricosa</i> (Kütz.) O. Müll.	–	–	–	–	1	1
<i>Sellaphora bacillum</i> (Ehr.) Mann	1	–	–	–	1	1
<i>Stausosira venter</i> (Ehr.) Cl. et Möller	1	–	–	1	–	–
<i>Stausosirella pinnata</i> (Ehr.) Will. et Round	–	–	–	–	–	1
<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kütz.	1	–	–	1	–	–
<i>Ulnaria amphirhynchus</i> (Ehr.) Comp. et Bukht.	–	–	1	1	–	1
<i>U. ulna</i> (Nitzsch) Comp.	–	1	1	–	–	1
Всего	16	7	11	20	18	18

Участок Хасын-1. Температура воды в разных точках этого участка реки держалась в пределах 2,0–2,2°C; активная реакция воды (pH) достигала 7,2. Мутность воды визуальнo не фиксировалась. Сообщество диатомовых водорослей этого участка в конце сентября – начале октября 2010 г. включало 16 таксонов видового и подвидового ранга из 13 родов (см. табл. 4). Все они оказались пресноводными формами. Подавляющее большинство предпочитало чистые или умеренно загрязненные природные воды с нейтральными или слегка пониженными значениями pH (см. табл. 5).

Экологическая ситуация на данной станции по сравнению с весенне-осенним состоянием прин-

ципально не изменилась. Уменьшилось разнообразие форм, увеличилась доля индифферентов по отношению к солености, но все в пределах пресноводного комплекса видов. Увеличение доли бэта-мезосапробионтов объясняется значительным береговым стоком, характеризующимся повышенным содержанием биогенов за счет дождевого стока. Остальные показатели мало чем отличаются друг от друга, несмотря на то, что видовой состав сообществ существенно изменился.

Участок Хасын-2 по-прежнему отличался от всех наибольшей мутностью воды. Температура воды в разных точках этого участка реки дер-

жалась в пределах 4°C; рН=7,4. Сообщество диатомей в этот период включало 7 видов и разновидностей из 7 родов (см. табл. 4). Все они оказались пресноводными формами, индифферентными по отношению к солености и рН. Большинство из них встречается в загрязненных органическими соединениями водах (см. табл. 5).

Экологическая ситуация на данной станции по сравнению с весенне-осенним состоянием изменилась незначительно. Уменьшение разнообразия видов и увеличение доли индифферентных по отношению к солености форм диатомей, как и доли олигосапробионтов, произошло, вероятно, в результате паводка. Остальные показатели мало чем отличались друг от друга.

Участок Хасын-3. Температура воды в разных точках участка достигала 3,0–3,5°C; рН=7,4. На этом участке реки все еще наблюдалась повышенная мутность воды. Тем не менее повсеместно были заметны видимые невооруженным глазом фитообрастания.

Сообщество диатомовых водорослей фитоперифитона на участке Хасын-3 включало 11 видов и разновидностей из 8 родов (см. табл. 4). Все они оказались пресноводными формами, индифферентными по отношению к рН, встречающимися в умеренно загрязненных водах с нейтральными или слегка повышенными значениями рН (см. табл. 5).

Экологическая ситуация на данной станции по сравнению с предыдущей изменилась к лучшему. Разнообразие форм возросло. Снизилась доля альфа-мезосапробионтов и алкалифилов, что свидетельствует об уменьшении загрязнения биотопов не только взвешенными веществами, но и биогенными элементами и соединениями. В альгоценозах данной станции появились виды, характерные для фоновых участков р. Хасын. Несмотря на то, что на данном участке оставалась высокой доля видов, характерных для участка Хасын-2, их количественное присутствие, как и летом, уменьшилось.

Участок Хасын-4. Температура воды в разных точках участка колебалась в пределах 3,0–3,2°C; рН=7,3; все еще наблюдалась повышенная мутность воды. Тем не менее повсюду были заметны видимые невооруженным глазом фитообрастания.

Сообщество диатомовых водорослей фитоперифитона на данном участке реки включало 20

Таблица 5. Эколого-географическая характеристика фитобентоса р. Хасын по состоянию на 01.10.2010 г., %

Table 5. Ecological and geographical characteristics of the Khasyn River phytobenthos as of 01.10.2010 (in %)

Участок	Отношение к солености	Отношение к рН	Отношение к сапробности	Географические характеристики
Хасын-1	Oh(hb) – 6	cn – 6	os – 31	a-b – 6
	Oh(in) – 94	ind – 88	β-ms – 69	k – 94
	–	azf – 6	–	–
Хасын-2	Oh(in) – 100	ind – 57	os – 14	k – 100
	–	alf – 43	α-ms – 86	–
	–	–	–	–
Хасын-3	Oh(in) – 100	ind – 73	os – 10	k – 100
	–	alf – 27	β-ms – 45	–
	–	–	α-ms – 45	–
Хасын-4	Oh(hb) – 6	cn – 5	os – 17	k – 100
	Oh(in) – 94	ind – 67	β-ms – 78	–
	–	alf – 23	α-ms – 5	–
	–	azf – 5	–	–
Хасын-5	Oh(hb) – 5	cn – 6	os – 28	a-b – 17
	Oh(in) – 90	ind – 83	β-ms – 72	k – 83
	Oh(hl) – 5	alf – 11	–	–
Хасын-6	Oh(in) – 89	ind – 39	os – 17	a-b – 11
	Oh(hl) – 11	alf – 61	β-ms – 66	k – 89
	–	–	α-ms – 17	–

таксонов видового и подвидового ранга из 16 родов (см. табл. 4). Все они пресноводные формы. Большинство обитает в умеренно загрязненных природных водах с нейтральными или слегка повышенными значениями рН (см. табл. 5).

Экологическая ситуация на данной станции по сравнению с летним периодом практически не изменилась. Она существенно улучшилась по сравнению с вышерасположенным участком реки. Разнообразие форм увеличилось. Снизилась доля альфа-мезосапробионтов, что свидетельствует об уменьшении загрязнения биотопов не только взвешенными веществами, но и биогенными элементами и соединениями. Выросла доля видов, характерных для фоновых участков р. Хасын. Уменьшилось число видов, преобладавших на участке Хасын-2.

Участок Хасын-5. Повсеместно наблюдалось чередование плесов и перекатов. Температура воды в разных точках этого участка реки достигала 3,0–3,3°C; рН=7,6. Мутность визуально не фиксировалась. Повсюду были заметны видимые невооруженным глазом фитообрастания.

Сообщество диатомовых водорослей на участке Хасын-5 включало 18 видов из 14 родов (см. табл. 4). Большинство из них были представлены пресноводными формами, обитающими в нейтральных или слегка щелочных водах. Доля олигосапробионтов по сравнению с предыдущей станцией возросла, а доля алкалифилов – снизилась (см. табл. 5).

Экологическая ситуация на данной станции по сравнению с летним периодом и предыдущим участком реки немного улучшилась. Исчезла группа альфа-мезосапробионтов, что свидетельствует об уменьшении загрязнения биотопов биогенными элементами и соединениями.

Участок *Хасын-6* в этот период был представлен чередованием плесов и перекатов. Температура воды в разных точках участка держалась в пределах 2°C; рН=7,3. Повсюду были заметны видимые невооруженным глазом фитообрастания.

Сообщества диатомовых водорослей на данном участке реки включало 18 таксонов видового и подвидового ранга из 15 родов (см. табл. 4). Большинство из них были представлены пресноводными формами, обитающими в умеренно загрязненных природных водах с нейтральными или слегка повышенными значениями рН (см. табл. 5).

Экологическая ситуация на данной станции по сравнению с летним периодом не ухудшилась. Интересно, что ближе к зиме в сообществах диатомей увеличилось число аркто-бореальных видов и уменьшилась группа видов-космополитов.

ВЫВОДЫ

В результате проведенного в 2010 г. альгологического обследования рр. Хасын и Армань (в зоне влияния р. Хасын) в целях определения характера и степени влияния последствий прорыва ограждающей дамбы хвостохранилища ЗИФ Карамкенского ГМК на альгоценозы установлено следующее.

I. Схема деления р. Хасын по степени загрязненности на шесть участков полностью себя оправдала и, на наш взгляд, может быть использована при дальнейшем мониторинге экологического состояния р. Хасын.

II. На самых неблагоприятных участках (*Хасын-2* и *Хасын-3*) альгоценозы диатомовых водорослей развивались лишь в период глубокой межени.

III. Участки *Хасын-4*, *Хасын-5*, *Хасын-6*, подвергшиеся в 2009 г. сильнейшему загрязнению содержимым Карамкенского хвостохранилища, в настоящее время практически избавились от этой нагрузки. Донные сообщества этих участков большую часть года развиваются по естественным природным сценариям.

IV. В сообществах фитобентоса р. Армань, ниже устья р. Хасын, признаков угнетения в развитии диатомовых альгоценозов не выявлено.

ЛИТЕРАТУРА

Самохвалов В. Л., Харитонов В. Г. Минеральные взвеси и сообщества донных организмов притоков р. Колымы // Биологические проблемы Севера : X Всесоюз. симпозиум. Ч. 2. – Магадан, 1983. – С. 276–277.

Поступила в редакцию 20.05.2013 г.

Харитонов В. Г. О загрязнении водотоков Колымского бассейна стоками промустановок // Северо-Восток России: проблемы экономики и народонаселения : тез. докл. Т. 1. – Магадан, 1998. – С. 234–235.

Харитонов В. Г. Диатомовые водоросли – индикатор благополучия реофильных экосистем // Наука на Северо-Востоке России (к 275-летию Рос. академии наук). – Магадан, СВНЦ ДВО РАН, 1999. – С. 208–215.

Харитонов В. Г. Диатомовые (Bacillariophyta) техногенных водотоков Верхнеколымского нагорья // Ботан. журн. – 2001. – Т. 86, № 10. – С. 34–41.

Харитонов В. Г. Особенности структуры фитоперифитона малых водотоков Колымского нагорья и его роль в восстановлении реофильных сообществ после катастрофических паводков (на примере диатомовых водорослей) // Морфология, систематика, онтогенез, экология и биогеография диатомовых водорослей : IX школа диатомологов России и стран СНГ, Борок, 13–16 сент. 2005. – Борок, 2005 а. – С. 70–71.

Харитонов В. Г. Особенности развития сообществ реофильного перифитона в условиях повышенной мутности // Вестн. СВНЦ ДВО РАН. – 2005 б. – № 3. – С. 74–83.

Харитонов В. Г. Воздействие паводков на сообщества фитоперифитона малых водотоков Северо-Востока Азии // Золото северного обрамления Пацифика : Междунар. горн.-геол. форум : тез. докл. Всеколым. горн.-геол. конф., посвящ. 80-летию Первой Колым. экспедиции Ю. А. Билибина (Магадан, 10–14 сент.). – Магадан, 2008 а. – С. 291–293.

Харитонов В. Г. К вопросу о загрязнении водотоков Крайнего Северо-Востока Азии отходами золотопромышленности // Там же. – 2008 б. – С. 293–296.

Харитонов В. Г. Сообщества Bacillariophyceae как индикатор состояния реофильных экосистем // Месторождения природного и техногенного минерального сырья: геология, геохимия, геохимические и геофизические методы поисков, экологическая геология : материалы междунар. конф., посвящ. 90-летию Воронеж. гос. ун-та (Воронеж, 12–16 нояб., 2008). – Воронеж, 2008 в. – С. 371–373.

Харитонов В. Г. К вопросу об устойчивости сообществ фитоперифитона малых водотоков Верхней Колымы к воздействию разнокачественных речных взвесей // Естественные и технические науки. – 2009 а. – Т. 41, № 3. – С. 143–145.

Харитонов В. Г. Сообщества Bacillariophyceae как индикатор мутности в реофильных экосистемах Верхней Колымы // X съезд ГБО при РАН : тез. докл. (Владивосток, 28 сент. – 2 окт.). – Владивосток : Дальнаука, 2009 б. – С. 423.

Харитонов В. Г. Конспект флоры диатомовых водорослей (Bacillariophyceae) Северного Охотоморья. – Магадан, 2010. – 189 с.

Харитонов В. Г. К флоре Bacillariophyceae побережья Тауйской губы Охотского моря // Альгология. – 2011. – Т. 21, № 2. – С. 213–225.

Харитонов В. Г. Состав Bacillariophyceae р. Хасын до прорыва дамбы Карамкенского хвостохранилища в 2009 г. // Вестн. СВНЦ ДВО РАН. – 2012. – № 3. – С. 23–27.

Харитонов В. Г., Потапова М. Г. Фитобентос бассейна руч. Контактного (Верхняя Колыма) // Водотоки Верхней Колымы (гидрохимия, гидрология, гидробиология). – Владивосток : ДВО АН СССР, 1991. – С. 34–56.

**COMPOSITION AND STRUCTURE OF BACILLARIOPHYCEAE COMMUNITIES
IN THE KHASYN RIVER IN 2010: CONSEQUENCES OF THE KARAMKEN
TAILINGS EMERGENCY (MAGADAN OBLAST)**

V. G. Kharitonov

The paper presents the data on the diatoms development structure and dynamics in the Khasyn River during the first vegetation period after its catastrophic pollution resulted from the August 29, 2009, partial destruction of the tailings dam of the Karamken mining and processing complex and the major pulp blowout in the water reservoir.

***Key words:* Magadan Oblast, the Khasyn River, population structure, diatoms.**