

**МАТЕРИАЛЫ К ИЗУЧЕНИЮ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И
АЛЬГОФЛОРЫ РЕК ЮЖНОЙ ЧАСТИ О-ВА САХАЛИН**

Е.М. Латковская¹, Т.В. Никулина², Т.А. Могильникова¹, Т.Г. Коренева¹

¹*Сахалинский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии,
ул. Комсомольская, 196, Южно-Сахалинск, 693023, Россия.*

E-mail: latkov@sakhniro.ru; raduga@sakhniro.ru

²*Биолого-почвенный институт ДВО РАН, пр. 100-летия Владивостока, 159,
Владивосток, 690022, Россия. E-mail: nikulina@biosoil.ru*

В работе представлены данные о гидрохимических параметрах и содержании биогенных элементов в период весеннего паводка четырех рек южной части о-ва Сахалин, впадающих в Татарский пролив и залив Анива. Представлены данные о видовом составе альгофлоры р. Лопатинка (басс. Татарского пролива), выявлены комплексы доминирующих видов в альгосообществах в апреле 2011. Определено качество вод по гидрохимическим показателям и составу водорослей – индикаторов органического загрязнения.

**MATERIALS FOR STUDYING OF HYDROCHEMICAL PARAMETERS AND ALGAL
FLORA OF RIVERS FROM SOUTHERN PART OF THE SAKHALIN ISLAND**

E.M. Latkovskaya¹, T.V. Nikulina², T.A. Mogilnikova¹, T.G. Koreneva¹

¹*Sakhalin Research Institute of Fisheries and Oceanography, 196 Komsomolskaya Str.,
Yuzhno-Sakhalinsk, 693023, Russia. E-mail: latkov@sakhniro.ru; raduga@sakhniro.ru*

²*Institute of Biology and Soil Science, FEB RAS, 159 Stoletiya Vladivostoka Ave.,
Vladivostok, 690022, Russia. E-mail: nikulina@biosoil.ru*

Hydrochemical data of nutrients and pigments content in spring flood period from southern part of Sakhalin Island four rivers are presented. Species composition of algal flora of Lopatinka River (Tartary Strait and Aniva Bay basins) are presented, dominant species of algal communities during April 2011 are identified. River's water quality by hydrochemical parameters and composition of algae-indicators of organic pollution are determined.

В конце девятнадцатого столетия в прибрежьях Японского моря (у берегов Японии) было отмечено явление «исояке» (Isoyake) – уменьшение площадей традиционных мест произрастания высокопродуктивных промысловых бурых водорослей и замещение их малоценными видами известковых корковых водорослей и трав (Masaki et al., 1981; Noro et al., 1983; Nabata et al., 1992). Позднее, этот процесс распространился к российским берегам Японского моря – к побережьям Сахалина со стороны Татарского пролива и Приморского края.

Причины, вызывающие уменьшение запасов бурых водорослей, слабо изучены и к числу наиболее вероятных относят как глобальные, так и более частные обстоятельства: изменение океанолого-климатических факторов, приуроченность к одинаковым экотопам и жесткую конкуренцию за места обитания ламинариевых и известковых корковых водорослей, выедание водорослей морскими ежами, чрезмерный промысел ламинарии, антропогенные нарушения природной среды, а также изменение химического состава стоков, поступающих в прибрежные воды.

В связи с проблемой «исояке» у о-ва Сахалин, изучение гидрохимического режима прибрежной части Татарского пролива, омывающего юго-западную часть острова, осуществляется ФГУП «СахНИРО» с 2007 г. (Galanin et al., 2010).

На наш взгляд, должно быть уделено внимание детальному изучению содержания биогенных элементов, поскольку их дефицит также называется как одна из возможных причин уменьшения зарослей ламинарии. В этой связи важно оценить вклад речного стока в формирование режима питательных веществ около районов произрастания ламинарии и их превращения в устьевой зоне. Нами был выбран наиболее показательный период – весенний паводок – время, когда речной сток суммирует все возможные источники питательных и загрязняющих веществ как природные, так и антропогенные.

Исследования гидрохимического состава рек южной части о-ва Сахалин проводились государственной сетью наблюдений ФГБУ «Сахалинского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (СахУГМС) начиная с пятидесятих годов прошлого столетия, часть данных была обобщена в ряде статей и монографий (Ресурсы поверхностных вод, 1973; Динамика качества..., 1991; Чудаева, 2002; Доклад..., 2013). Ряд публикаций посвящен изучению гидрохимического режима сахалинских рек в связи с нерестом лососевых рыб и использованием водотоков в хозяйственной деятельности (Изучение и освоение..., 1969; Онищенко, 1987; Грамм-Осипова, Дряхлов, 1990; и др.). Позднее нами были проведены работы по определению состояния рек, впадающих в залив Анива (Лютога, Сусуя, Урюм, Мерей), представлены данные о гидрохимических параметрах граничных структур река–море, оценены содержание биогенных элементов и обеспеченность ими водорослей перифитона и планктона (Могильникова и др., 2013).

Изучение видового разнообразия водорослей внутренних водоемов о-ва Сахалин проводится наиболее интенсивно в последнее десятилетие. Масштабными гидробиологическими изысканиями охвачены имеющие хозяйственное значение крупные пресные и солоноватые водоемы в южной части острова – озеро Тунайча и озера Вавайской системы. Однако исследования водотоков остаются немногочисленными. Сведения об альгофлоре малых горных рек юга Сахалина, впадающих в Охотское море, Татарский пролив и залив Анива изложены в нескольких публикациях: Никулина, 2005а, б; Коновалова, Мотылькова, 2011; Могильникова и др., 2013, Nikulina, 2013.

Цель нашей работы заключается в получении фоновых характеристик, выявлении гидрохимических особенностей и видового состава альгофлоры рек, впадающих в Татарский пролив, а также определения качества вод по гидрохимическим показателям и по присутствию видов водорослей – индикаторов органического загрязнения в период максимально возможного смыва загрязняющих веществ с водосборной площади (во время весеннего паводка).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Гидрохимические и альгологические исследования проведены в четырех реках южной части острова Сахалина – Лопатинке, Шебунинке, Айнской и Лютоге.

Реки Шебунинка и Лопатинка берут своё начало с горы Крутая Южно-Камышового хребта, имеют общее направление течения с юго-востока на северо-запад и впадают в Татарский пролив. Общая протяженность р. Шебунинка составляет 33 км, а р. Лопатинка – 56 км. Площадь водосборных бассейнов: р. Шебунинка – 166 км², а р. Лопатинка – 264 км² (Ресурсы поверхностных вод, 1976). Река Айнская протекает через оз. Айнское, образует лопастную дельту и через протоку Рудановского впадает в Татарский пролив. Протяженность реки – 79 км, площадь бассейна – 1330 км². Река берет начало с восточного склона Приморского хребта. Река Лютога впадает в Анивский залив (Охотское море), имеет длину 130 км, площадь бассейна – 1530 км². Водоток берет начало от слияния нескольких мелких рек на западном склоне Мицульского хребта, общее направление течения с севера на юг,

протекает по широкой долине (Ресурсы поверхностных вод, 1964, 1973, 1976; Атлас Сахалинской области, 2007).

Отбор проб воды для химического анализа осуществляли в период весеннего (апрель) паводка 2011 г. в нижнем течении и устьевой зоне р. Лопатинка и р. Шебунинка. Для сравнения привлечены данные результатов гидрохимических исследований, полученных в аналогичный период в нижнем течении реки Айнской и устьевой зоне реки Лютоги.

Величину водородного показателя (pH) измеряли иономером модели SG-8 (Mettler Tolledo, Швейцария). Анализ гидрохимических параметров осуществляли по стандартным аттестованным методикам (Руководство..., 1977). Исследование содержания хлорофиллов, каротиноидов и феопигментов проводили спектрофотометрическим методом (ГОСТ 17.1.04.02–90). Для оценки качества воды проводили сравнение полученных значений с предельно допустимыми концентрациями (ПДК), утвержденными для вод водных объектов рыбохозяйственного значения (Об утверждении..., 2010), для эколого-санитарной классификации вод применяли трофо-сапробные показатели (ГОСТ 17.1.2.04–77, Жукин-ский и др., 1981; Оксий и др., 1993).

Альгологический материал (водоросли перифитона) был отобран в нижнем течении и устье р. Лопатинка по общепринятым методикам (Водоросли, 1989), постоянные препараты для диатомового анализа готовили методом прокаливания створок в перекиси водорода (Swift, 1967). При идентификации водорослей использовали световой микроскоп «Alphaphot-2 YS-2» (Nikon, Япония). Для оценки частоты встречаемости водорослей использована шестибалльная шкала (Кордэ, 1956). К разряду доминантов в альгосообществах отнесены таксоны, имеющие максимально высокую частоту встречаемости. Для оценки степени органического загрязнения вод использовали метод Пантле-Бука (Pantle, BUCK, 1955) в модификации Сладечека (Сладечек, 1967), основанного на выявлении видов водорослей – индикаторов органического загрязнения вод.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В период весеннего паводка в нижнем течении рек значения водородного показателя в водах рек Лопатинки и Шебунинки были сопоставимы, изменялись в узком диапазоне (7,23–7,28) и были ниже, чем в р. Айнской (в среднем 8,30). В устьевых зонах р. Лопатинка и р. Шебунинка pH увеличивался (8,08–8,11) и был выше по сравнению со значением для вод р. Лютоги (7,60–7,63).

Содержание взвешенных веществ в пробах всех изученных рек было невысоким и варьировало в диапазоне от 25,2 до 26,0 мг/дм³. Содержание растворенного кислорода в водах р. Лопатинка и р. Шебунинка составляло в среднем 12,53 мг/дм³ и превышало значение данного показателя в реках Айнской (12,08 мг/дм³) и Лютоге (9,98 мг/дм³).

Концентрация минерального фосфора (P-PO₄) в водах р. Шебунинка и р. Лопатинка составляла 12,4 и 13,3 мкг/дм³, соответственно (рисунок, А). Основная доля (до 100%) общего фосфора (P_{общ.}) в р. Шебунинка приходилась на его минеральную часть. Средняя концентрация общего фосфора находилась на уровне P-PO₄ (в среднем 12,4 мкг/дм³). В р. Лопатинка P_{общ.} (в среднем 22,3 мкг/дм³) был представлен практически поровну минеральной (59%) и органической (41%) формами. Содержание P-PO₄ в водах рек снижалось практически в два раза от нижнего течения к устьевой части.

Несмотря на паводок, концентрация растворенных форм минерального (фосфатного) и общего фосфора в реках, впадающих в Татарский пролив (Шебунинка и Лопатинка) и в зал. Анива (Лютога) была невысокой, что связано с биогеохимическими особенностями водосборной площади. Хотя запасы валового фосфора в почвах Сахалина велики (0,2–0,77 %), отмечается низкое содержание подвижных форм во всех типах почв (Ивлев, 1977). Фосфор находится, преимущественно, в труднорастворимых формах из-за высокого содержания и подвижности железа и слабо вымывается из почвы, что не способствует обогащению речных вод этим элементом даже весной. Препятствует попаданию мине-

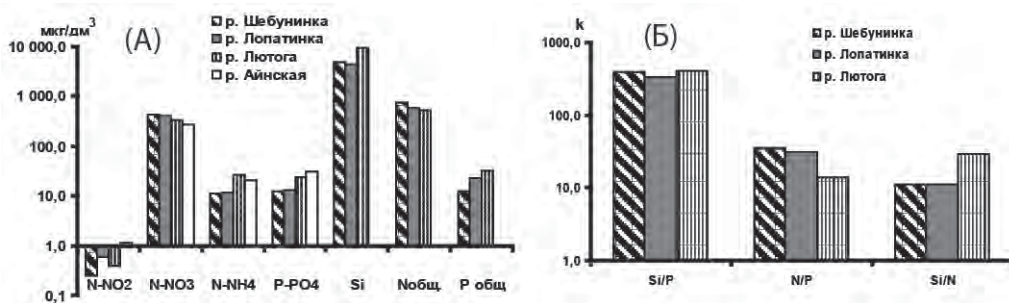


Рис. Средние уровни содержания биогенных элементов (А) и их соотношения (Б) в водах рек южной части о-ва Сахалин.

Примечание: на оси ординат (Б) отмечен коэффициент k – величина соотношения между концентрациями биогенных элементов

рального фосфора в речные воды и высокая интенсивность биологического поглощения растениями (Ивлев, 1977), которые к концу вегетативного сезона изымают большую часть подвижного фосфора и в зиму почва остается обедненной этим элементом.

В водах рек Шербуинки и Лютоги концентрация нитритного азота (N-NO_2) была на уровне аналитического нуля ($<0,5$ мкг/дм³), а в реках Лопатинке и Айнской достигала в среднем 0,6 и 1,0 мкг/дм³, соответственно. Содержание N-NO_2 не претерпевало изменений и было минимальным как в нижнем течении рек, так и в устье.

Среднее содержание аммонийного азота (N-NH_4) в нижнем течении рек Шербуинки и Лопатинки было на уровне 11,3 и 11,8 мкг/дм³, соответственно, и снижалось до 8,6 мкг/дм³ в их устьевой зоне (рисунок, А). Воды р. Лютога были в большей мере обогащены N-NH_4 (в среднем 27,1 мкг/дм³).

Максимальная доля минерального азота приходилась на его нитратную (N-NO_3) составляющую. Концентрация N-NO_3 в нижнем течении рек Шербуинки (в среднем 432,8 мкг/дм³) и Лопатинки (409,0 мкг/дм³) была несколько выше, чем в реках Лютоге (335,1 мкг/дм³) и Айнской (271,4 мкг/дм³). Минеральная составляющая общего азота преобладала над его органической частью в целом во всех обследованных реках и варьировала от 60 % на р. Шербуинка до 72 % на р. Лопатинка. В устьевой зоне рек концентрация нитратного азота уменьшалась, доля минеральной формы от общего азота снижалась в среднем до 33 %. В среднем количество общего азота в водах рек Лопатинки и Шербуинки довольно велико – 586,0 и 740,5 мкг/дм³, соответственно.

Валовые запасы азота (также как и свободного азота) в почвах Сахалина невелики. В большинстве типов почв преобладают аммиачные формы азота, однако при увеличении влажности количество аммонийного азота снижается, а нитратного (через образование закисного железа) – увеличивается (Ивлев, 1977). Таким образом, высокое содержание нитратного азота в речной воде в нижнем течении в период паводка может быть результатом смыва остатков хозяйственной деятельности с водосборных площадей, сносом остатков производителей лососей и вымыванием из почв.

В нижнем течении рек юго-западного побережья содержание кремния было высоким (4484,5–4842,5 мкг/дм³), в устьевых участках оно снижалось на порядок до величин 208,3–386,6 мкг/дм³. На южном побережье в водах р. Лютога средняя концентрация кремния была максимальной (9704,8 мкг/дм³). Высокое содержание кремния обусловлено особенностями его биогеохимии – в почвах Сахалина содержание кремнезема довольно высоко, а интенсивность биологического поглощения кремния наземной растительностью низкая (Ивлев, 1977).

В водах всех изученных рек кремний был в значительном избытке по отношению и к азоту, и к фосфору. Минеральный азот, повсеместно находясь в дефиците по отношению

к кремнию, был в значительном избытке по отношению к фосфору. Величина коэффициента Si/N составляла более 1,4 (в среднем 11,1), а N/P – более 16 (в среднем 32,9) (рисунок, Б). В большом дефиците в водах рек Шебунинки и Лопатинки находился фосфор, а в р. Лютога – азот.

Снижение концентрации растворенных форм биогенных элементов в устьевой зоне рек может происходить как в связи работой геохимического барьера (выпадение во взвешенную форму), так и, предположительно, с активным потреблением планктонными организмами, которые заносятся в эту зону с приливом. Вынос биогенных элементов речными водами обусловил определенный пигментный состав их устьевых зон в юго-западном побережье: доля хлорофилла *a* (Хл *a*) и хлорофилла *b* (Хл *b*) в сумме хлорофиллов достигала 76 и 20 %, соответственно. Доля хлорофилла *c* (Хл *c*) была низкой (4 %). На продукт дегградации Хл *a* – феофитин *a* (Ф *a*) – приходилось до 50 % суммарного содержания пигментов. Абсолютные концентрации фитопигментов были невысокими (в среднем 1,88 мкг/дм³ Хл *a*; 0,49 мкг/дм³ Хл *b*; 0,09 мкг/дм³ Хл *c* и 0,90 мкг/дм³ Ф *a*).

Несмотря на разную антропогенную и природную (нерест лососевых рыб) нагрузки на принадлежащие к разным бассейнам реки юга о-ва Сахалин, уровень выноса биогенных элементов в этих водотоках в весенний паводок имеет сравнимые величины и согласуется с немногочисленными литературными данными.

Полученные результаты по содержанию биогенных элементов в водах нижнего течения рек в период паводка характеризуют максимально возможное загрязнение, обусловленное наибольшей площадью водосбора в данный период, и оно не велико. Воды рек Лопатинки, Шебунинки, Айнской и Лютоги по содержанию биогенов относятся к ксеносапробной и бетамезосапробной зонам, II и III классам в соответствии с ГОСТ 17.1.2.04–77 и критериями комплексной экологической классификации качества поверхностных вод суши (Оксиюк и др., 1993).

Флора водорослей нижнего течения и устьевой зоны р. Лопатинка в апреле 2011 г. была представлена 105 видами (109 видами, разновидностями и формами) цианопрокариот, диатомовых, желтозеленых и зеленых водорослей (табл. 1, 2). Основу изученной альгофлоры формировали диатомеи, на долю которых приходилось 94,5 % от общего видового состава. В систематической структуре флоры наибольшее количество видов, разновидностей и форм содержали семейства *Fragilariaceae* – 19, *Naviculaceae* – 14 и *Bacillariaceae* – 14, и роды *Nitzschia* Hassall – 10, *Navicula* Bory – 9, *Pinnularia* Ehrenberg – 7, *Gomphonema* Ehrenberg – 6 видов и разновидностей.

В обрастающих субстратов нижнего течения р. Лопатинка отмечено 88 внутривидовых таксонов цианопрокариот, диатомовых, желтозеленых и зеленых водорослей. Альгофлора устьевой зоны водотока включала 59 видов и разновидностей из отделов *Bacillariophyta* и *Xanthophyta*. Общими для двух обследованных участков реки являлись только 34 % таксонов, наблюдалась смена типичных представителей пресных холодных вод (*Hannaea arcus*,

Таблица 1

Таксономический состав водорослей р. Лопатинка

Отдел	Класс	Порядок	Семейство	Род	Вид	Вид, разновидность, форма	%
Цианoprokaryota	1	1	1	1	3	3	2,8
Bacillariophyta	3	14	26	48	99	103	94,5
Xanthophyta	1	1	1	1	2	2	1,8
Chlorophyta	1	1	1	1	1	1	0,9
Итого	6	17	29	50	105	109	100

Таблица 2

Видовой состав водорослей р. Лопатинка (о-в Сахалин)

№ п\п	Таксон	Нижнее течение	Устье	Местообитание	Галобность	pH	S	Распространение
Отдел Cyanoprokaryota Класс Cyanophyceae Порядок Oscillatoriales Семейство Phormidiaceae								
1	<i>*Phormidium aerugineo-coeruleum</i> (Gomont) Anagnostidis et Komárek	1	-	В-Р	-	-	-	k
2	<i>Ph. favosum</i> (Bory) Gomont	1	-	В	-	-	β	-
3	<i>Ph. limosum</i> (Dillwyn) P.C. Silva	1	-	В-Р	hl	-	β	k
Отдел Bacillariophyta Класс Coscinodiscophyceae Порядок Thalassiosirales Семейство Stephanodiscaceae								
4	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	-	1	В-Р	hl	alf	α-β	k
Порядок Melosirales Семейство Melosiraceae								
5	<i>Melosira varians</i> Agardh	3	1	В-Р	i	alf	α-β	k
Порядок Aulacoseirales Семейство Aulacoseiraceae								
6	<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	-	1	Р	i	alf	β	k
7	<i>A. islandica</i> (O. Müller) Simonsen	1	1	Р	i	acf	о-χ	b
Класс Fragilariophyceae Порядок Fragilariales Семейство Fragilariaceae								
8	<i>Asterionella formosa</i> Hassall	-	1	Р	i	alf	о	k
9	<i>Ctenophora pulchella</i> (Ralfs ex Kützing) Williams et Round	1	-	В-Р	-	-	о	-
10	<i>Diatoma hyemalis</i> (Roth) Heiberg	1-3	1	В	hb	i	χ	a-a
11	<i>D. mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing	4	1	В	hb	alf	χ	a-a
12	<i>D. vulgaris</i> Bory	1	-	В-Р	i	alb	β	b
13	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>mesolepta</i> (Rabenhorst) Rabenhorst	1	-	В-Р	i	alf	о-β	k
14	<i>F. vaucheriae</i> (Kützing) Petersen	1-4	1	В-Е	i	alf	β	k
15	<i>Hannaea arcus</i> (Ehrenberg) Patrick var. <i>arcus f. arcus</i>	3	-	В	i	alf	χ	a-a
16	<i>H. arcus</i> var. <i>arcus f. recta</i> (Cleve) Foged	3-4	1	В	i	alf	χ	a-a
17	<i>H. arcus</i> var. <i>amphioxys</i> (Rabenhorst) Patrick	1	-	В	-	-	-	-
18	<i>Meridion circulare</i> (Greville) Agardh var. <i>circulare</i>	3	1	В	hb	alf	о-χ	k
19	<i>M. circulare</i> var. <i>constrictum</i> (Ralfs) Van Heurck	1	1	В	hb	alf	χ-о	k
20	<i>Staurosira construens</i> Ehrenberg var. <i>binodis</i> (Ehrenberg) Hamilton	-	1	В-Р	-	-	-	-
21	<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenberg) Williams et Round	1	-	В-Р	hl	alf	о	b

продолжение таблицы 2

№ п\п	Таксон	Нижнее течение	Устье	Местообитание	Галобность	pH	S	Распространение
22	<i>Tabularia fasciculata</i> (Agardh) Williams et Round	1	-	B	hl	alf	χ-o	k
23	<i>T. tabulata</i> (Agardh) Snoeijis	2-3	1	B	-	-	-	-
24	<i>Ulnaria amphirhynchus</i> (Ehrenberg) Compère et Bukhtiyarova	1	-	B	i	alf	-	-
25	<i>U. inaequalis</i> (H.Kobayasi) M.Idei	1	1	B	-	-	-	a-a
26	<i>U. ulna</i> (Nitzsch) Compère	1	1	B	i	alf	o-α	k
Порядок Tabellariales Семейство Tabellariaceae								
27	<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngbye) Kützing	1	-	B-P	hb	acf	β	b
28	<i>T. flocculosa</i> (Roth) Kützing	1	1	B-P	hb	acf	o-χ	a-a
Класс Bacillariophyceae Порядок Eunotiales Семейство Eunotiaceae								
29	<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Schaarschmidt	1	-	B	i	acf	β	k
30	<i>E. implicata</i> Nörpel, Lange-Bertalot et Alles	1	1	B	-	acf	-	-
31	<i>E. pectinalis</i> (Dillwyn? Kützing) Rabenhorst	-	1	B	i	acf	χ	k
32	<i>E. praerupta</i> Ehrenberg	-	1	B	hb	acf	χ	k
Порядок Mastogloiales Семейство Mastogloiaceae								
33	<i>Mastogloia smithii</i> Thwaites	1	-	B	mh	alf	-	k
Порядок Cymbellales Семейство Rhoicospheniaceae								
34	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (Agardh) Lange-Bertalot	2	1	B-P	i	alf	χ-o	k
Семейство Cymbellaceae								
35	<i>Cymbella affinis</i> Kützing	1	1	B	i	alf	β-o	k
36	<i>C. tumida</i> (Brébisson) Grunow	1	-	B	i	alf	χ	b
37	<i>Encyonema minutum</i> (Hilse ex Rabenhorst) Mann	1	-	B	i	i	o	k
38	<i>E. silesiacum</i> (Bleisch) Mann	1-2	1	B	i	i	χ-o	k
Семейство Gomphonemataceae								
39	<i>Gomphoneis olivaceum</i> (Hornemann) Dawson ex Ross et Sims	1-2	-	B	i	alf	β	k
40	<i>Gomphonema angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst	1	-	B	i	alf	β	k
41	<i>G. angustum</i> Agardh	-	1	B	i	alf	o	b
42	<i>G. lagerheimii</i> Cleve	1	-	B	-	acf	-	a-a
43	<i>G. parvulum</i> (Kützing) Kützing	1	1	B	i	alf	β	b
44	<i>G. productum</i> (Grunow) Lange-Bertalot et Reichelt	1	-	B	i	alf	β	k
45	<i>G. truncatum</i> Ehrenberg	1	-	B-P	i	alf	β	k
46	<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolec et Stoermer	1	1	B	i	alf	β	b

продолжение таблицы 2

№ п\п	Таксон	Нижнее течение	Устье	Местообитание	Галобность	pH	S	Распространение
Порядок Achnanthales								
Семейство Cocconeidaceae								
47	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg var. <i>euglypta</i> (Ehrenberg) Grunow	1	1	B	i	alf	β	k
48	<i>C. scutellum</i> Ehrenberg	1	-	B	hl	-	-	-
Семейство Achnanthidiaceae								
49	<i>Achnanthidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	1-2	1	B	i	i	β	k
50	<i>Planothidium haynaldii</i> (Schaarschmidt) Lange-Bertalot et Genkal	1	-	B	-	alf	β-α	k
51	<i>P. lanceolatum</i> (Brébisson) Lange-Bertalot	1-2	1	B	i	alf	χ-β	k
Порядок Naviculales								
Семейство Berkeleyaceae								
52	<i>Parlibellus protracta</i> (Grunow) Witkowski, Lange-Bertalot et Metzeltin	1	-	B	hl	i	χ-β	k
Семейство Cosmioneidaceae								
53	<i>Cosmioneis pusilla</i> (W. Smith) Mann et Stickle	1	-	B	hl	i	o-β	k
Семейство Diadesmidaceae								
54	<i>Diadesmis contenta</i> (Grunow) Mann f. <i>biceps</i> (Grunow) Hustedt	-	1	B	i	alf	-	a-a
55	<i>*Luticola nivaloides</i> (W. Bock) Denys & De Smet	-	1	B	hl	-	b	-
Семейство Amphipleuraceae								
56	<i>Frustulia amphipleuroides</i> (Grunow) Cleve-Euler	1	-	B	hb	acf	-	a-a
57	<i>F. vulgaris</i> (Thwaites) De Toni	1	1	B	hb	alf	⊠	b
Семейство Sellaphoraceae								
58	<i>*Sellaphora parapupula</i> Lange-Bertalot	1	-	B	hl	i	-	k
59	<i>S. pupula</i> (Kützing) Mann	1	1	B	hl	i	⊠	k
Семейство Pinnulariaceae								
60	<i>Pinnularia acrosphaeria</i> W. Smith	-	1	B	-	alf	-	k
61	<i>P. divergens</i> W. Smith var. <i>media</i> Krammer	-	1	B	-	-	-	-
62	<i>*P. kuetzingii</i> Krammer	1	-	B	i	alf	o	k
63	<i>*P. lundii</i> Hustedt	1	-	B	hl	-	-	-
64	<i>P. microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve	1	-	B	i	i	χ	k
65	<i>P. neomajor</i> Krammer	1	-	B	i	i	χ	k
66	<i>*P. similiformis</i> Krammer	-	1	B	-	acf	-	-
Семейство Diploneidaceae								
67	<i>Diploneis elliptica</i> (Kützing) Cleve	1	-	B	i	alf	o-α	k
Семейство Naviculaceae								
68	<i>Chamaepinnularia krookii</i> (Grunow) Lange-Bertalot et Krammer	1	1	B	-	-	-	-
69	<i>Decussata placenta</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot et Metzeltin	-	1	B	hb	acf	o	k

продолжение таблицы 2

№ п\п	Таксон	Нижнее течение	Устье	Местообитание	Галобность	pH	S	Распространение
70	<i>Hippodonta hungarica</i> (Grunow) Lange-Bertalot, Metzeltin et Witkowski	-	1	B	hl	alf	b	b
71	* <i>Geissleria ignota</i> (Krasske) Lange-Bertalot et Metzeltin	-	1	B	-	-	-	-
72	<i>Navicula avenacea</i> (Brébisson et Godey) Brébisson ex Grunow	5	2-5	B	i	alf	o-β	k
73	<i>N. cryptocephala</i> Kützing	1	1	B-P	i	alf	χ	k
74	<i>N. cryptotenella</i> Lange-Bertalot	-	1	B	i	alf	b	k
75	<i>N. menisculus</i> Schumann	1	-	B	i	alf	χ-β	k
76	<i>N. peregrina</i> (Ehrenberg) Kützing	1	-	B	mh	alf	-	k
77	* <i>N. pseudosilicula</i> Hustedt	1	-	B	-	-	o	-
78	<i>N. radiosa</i> Kützing	1	1	B	i	i	o	k
79	<i>N. slesvicensis</i> Grunow	2-3	1	B	hl	i	b	k
80	* <i>N. trivialis</i> Lange-Bertalot	1	-	B	i	alf	β	k
Семейство Pleurosigmataceae								
81	<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst	1	-	B	i	alb	β	b
Семейство Stauroneidaceae								
82	<i>Stauroneis anceps</i> Ehrenberg	1	-	B	i	i	β	k
83	<i>S. phoenicenteron</i> (Nitzsch) Ehrenberg	-	1	B	i	i	β	b
Порядок Thalassiophysales Семейство Catenulaceae								
84	<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing	1	-	B	i	alb	o-β	k
85	<i>A. pediculus</i> (Kützing) Grunow	1	-	B	i	alb	β	k
86	<i>A. veneta</i> Kützing	-	1	B	i	alf	o	k
Порядок Bacillariales Семейство Bacillariaceae								
87	<i>Bacillaria paxillifer</i> (O. Müller) Hendey	-	3	B-P	mh	i	o	k
88	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow	1	-	B	i	alf	α	k
89	<i>Nitzschia brevissima</i> Grunow	1	1	B	i	i	β	k
90	<i>N. capitellata</i> Hustedt	1	-	B	i	alf	o-ρ	k
91	<i>N. commutata</i> Grunow	1	1	B	mh	-	-	k
92	<i>N. dissipata</i> (Kützing) Grunow	1	-	B	i	alf	χ	b
93	<i>N. dubia</i> W. Smith	1	-	B-P	hl	-	-	k
94	<i>N. fonticola</i> Grunow	1	1	B	i	alf	o	b
95	<i>N. linearis</i> (Agardh) W. Smith	1	1	B	i	i	o	b
96	<i>N. nana</i> Grunow	1	1	-	-	-	α-β	-
97	<i>N. palea</i> (Kützing) W. Smith	1	1	B	i	i	α-β	k
98	<i>N. reversa</i> W. Smith	-	1	P	hl	-	-	k
99	<i>Tryblionella angustata</i> W. Smith	-	1	P	i	alf	χ-β	k
100	<i>T. levidensis</i> (W. Smith) Grunow	1	1	B-P	mh	alf	α	k
Порядок Rhopalodiales Семейство Rhopalodiaceae								
101	<i>Epithemia adnata</i> (Kützing) Brébisson var. <i>adnata</i>	1	1	B	i	alb	β	k

окончание таблицы 2

№ п\п	Таксон	Нижнее течение	Устье	Местообитание	Галобность	pH	S	Распространение
102	<i>E. adnata</i> var. <i>porcellus</i> (Kützinger) R. Ross	1	1	B	i	alb	β	k
103	<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehrenberg) O. Müller	1	-	B	i	alb	o	b
104	<i>Rh. musculus</i> (Kützinger) O. Müller	1	-	B	-	-	-	k
Порядок Surirellales Семейство Surirellaceae								
105	<i>Surirella brebissonii</i> Krammer et Lange-Bertalot var. <i>kuetzingii</i> Krammer et Lange-Bertalot	1	-	B	-	-	β-α	-
106	<i>S. minuta</i> Brébisson	1	-	B	i	i	o-α	-
Отдел Xanthophyta Класс Xanthophyceae Порядок Tribonematales Семейство Tribonemataceae								
107	<i>Tribonema viride</i> Pascher	1	1	B-P	i	-	o	k
108	* <i>T. vulgare</i> Pascher	1	-	B-P	i	-	o-α	-
Отдел Chlorophyta Класс Ulvophyceae Порядок Ulotrichales Семейство Ulotrichaceae								
109	<i>Ulothrix zonata</i> (Weber et Mohr) Kützinger	1	-	B-P	i	i	o-α	k

Примечание: Частота встречаемости организмов указана по шестибальной шкале: 1 – единично, 2 – редко, 3 – нередко, 4 – часто, 5 – очень часто, 6 – масса (Кордэ, 1956).

Местообитание: P – планктонные, B-P – бентосно-планктонные, B – бентосные, B-E – бентосно-эпифитные. Галобность: mh – мезогалобы, hl – галофилы, hb – галофобы, i – индифференты.

Отношение к pH: alf – алкалифилы, alb – алкалибионты, acf – ацидофилы, i – индифференты. Сапробность: χ – ксеносапробионт, χ-о – ксено-олигосапробионт, о-χ – олиго-ксеносапробионт, χ-β – ксено-бетамезосапробионт, о – олигосапробионт, о-β – олиго-бетамезосапробионт, β-о – бета-олигосапробионт, β – бета-мезосапробионт, β-α – бета-альфамезосапробионт, α-β – альфа-бетамезосапробионт, α – альфа-мезосапробионт, α-р – альфа-полисапробионт. «-» – нет данных, «*» – виды, впервые отмеченные для Сахалинской области.

Gomphoneis olivaceum, *Diatoma vulgaris*, *Fragilaria capucina* var. *mesolepta*, *Eunotia bilunaris*, *Encyonema minutum* и др.) на обитателей соленых и солоноватых местообитаний (*Bacillaria paxillifer*, *Hippodonta hungarica*, *Luticola nivaloides*, *Nitzschia reversa* и др.). Перифитонные сообщества как нижнего течения, так и устья р. Лопатинка характеризовались преобладанием бентосного, индифферентного к солености, алкалифильного вида *Navicula avenacea*, имевшего максимально высокую оценку обилия «очень часто». В качестве субдоминантов в обрастаниях субстратов нижнего течения реки отмечены диатомеи *Diatoma mesodon*, *Fragilaria vaucheriae* и *Hannaea arcus* f. *recta* (частота встречаемости «часто»). В устье водотока к числу преобладающих относился бентосно-планктонный, мезогалобный и индифферентный к pH среды вид *Bacillaria paxillifer*, обилие которого не превышало оценки «нередко» (табл. 2).

Десять видов диатомовых, желтозеленых водорослей и цианопрокариот: *Sellaphora parapupula*, *Pinnularia kuetsingii*, *P. lundii*, *P. similiformis*, *Geissleria ignota*, *Luticola nivaloides*, *Navicula pseudosilicula*, *N. trivialis*, *Tribonema vulgare* и *Phormidium aerugineo-coeruleum*

(табл. 2), найденные в р. Лопатинка, указаны впервые для флоры водорослей Сахалинской области.

Эколого-географический анализ альгофлоры р. Лопатинка показал, что сведения о приуроченности водорослей к местообитанию известны для 108 таксонов, или 99,1 % общего числа видов, разновидностей и форм. Большинство найденных водорослей относится к обитателям бентосных и бентосно-планктонных видов, т.е. 75,2 % и 18,4 %, соответственно. Для 90 таксонов видового и внутривидового ранга имеются данные по отношению к солёности воды (82,6 % общего числа). Самые многочисленные группы объединяют водоросли, индифферентные к изменению солёности, их доля составляет 55,0 %, и галофилы – 13,8 % общего числа таксонов. Данные по отношению к активной реакции среды известны для 78,9 % таксонов видового и внутривидового ранга общего числа отмеченных здесь таксонов. Среди них преобладают алкалифильные виды (44,0 %). Географическое распространение известно для 82,6 % общего числа водорослей, из них доли широко распространённых (космополитных) видов, бореальных и аркто-альпийских составляли 59,6 %, 14,7 % и 8,3 %, соответственно.

Показателями степени сапробности воды в альгофлоре изученного района являются 85 таксонов (78,0 % от общего числа таксонов), относящиеся к четырём сапробиологическим группам. Наиболее полно представлены бетамезосапробионты и олигосапробионты (табл. 3). Оценка качества вод в р. Лопатинка методом Пантле-Бука в модификации Сладечека показала, что в период паводка в апреле 2011 г. в нижнем течении р. Лопатинка значения индексов сапробности (S) изменялись от 1,26 до 1,28 и в устьевой части – от 1,24 до 1,25. Соответственно полученным значениям S, воды обследованного водотока принадлежат к олигосапробной зоне, что соответствует II классу чистоты и классифицируются как чистые воды.

Воды рек юга Сахалина (Лопатинка, Шебунинка, Айнская и Лютога) в период весеннего паводка 2011 г. были не богаты минеральными соединениями фосфора, по минеральному азоту и кремнию дефицита не наблюдалось, а концентрации биогенных элементов

Таблица 3

Соотношение индикаторных видов водорослей по степени сапробности

Сапробиологическая группа	Степень сапробности видов-индикаторов	Количество таксонов	Количество таксонов	% от общего числа таксонов
Ксеносапробионты (S=0–0,50)	χ	11	15	13,8
	χ-ο	4		
Олигосапробионты (S=0,51–1,50)	ο-χ	3	27	24,8
	χ-β	4		
	ο	16		
	ο-β	4		
Бетамезосапробионты (S=1,51–2,50)	β-ο	1	36	33,0
	ο-α	5		
	β	28		
	β-α	2		
Альфамезосапробионты (S=2,51–3,50)	α-β	4	7	6,4
	β-ρ	-		
	α	2		
	α-ρ	1		
Нет данных		24	24	22,0
Всего:			109	100

не превышали ПДК. Состав фитопигментов в речных водах свидетельствовал о высоком содержании диатомовых водорослей, что и было подтверждено изучением таксономического состава альгофлоры (на долю диатомей приходилось 94,5 %). Флора водорослей р. Лопатинка представлена 109 видами, разновидностями и формами цианопрокариот, диатомовых, желтозеленых и зеленых водорослей, из которых преобладали бетамезосапробионты (24,8 %) и олигосапробионты (33,0 %). Согласно гидрохимическим параметрам и анализу состава водорослей – индикаторов органического загрязнения воды р. Лопатинка соответствуют II и III классам чистоты вод и классифицируются как чистые и слабозагрязненные.

Благодарности

Частично работа поддержана грантом ОБН РАН №12-1-П30-01 (руководитель чл.-корр. В.В. Богатов).

ЛИТЕРАТУРА

- Атлас Сахалинской области. 2007.** Южная часть острова Сахалин. Часть II. Хабаровск: ФГУП «ДВ АГП». 128 с.
- Водоросли. Справочник. 1989.** Киев: Наукова думка. 608 с.
- ГОСТ 17.1.2.04-77. 1977.** Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов. М.: Издательство стандартов. 17 с.
- ГОСТ 17.1.04.02-90. 2001.** Вода. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла-а. М.: ИПК Издательство стандартов. 14 с.
- Грамм-Осипова В.Н., Дряхлов А.Г. 1990.** Современное состояние загрязненности реки То-маринки и прибрежных вод Татарского пролива // Экологические основы рационального природопользования на Сахалине и Курильских островах. Ю-Сахалинск: ГО СССР, Сахалинский отдел. С. 138–142.
- Динамика качества поверхностных вод Советского Союза в 1981–1985 годах. 1991.** Л.: Гидрометеиздат. 335 с.
- Доклад об экологической ситуации в Сахалинской области в 2012 году. 2013.** Южно-Сахалинск: МПР Сахалинской области. 65 с.
- Жукинский В.Н., Оксийук О.П., Олейник Г.Н., Кошелева С.И. 1981.** Принципы и опыт построения экологической классификации качества поверхностных вод суши // Гидробиол. журн. Т. 17, № 2. С. 38–49.
- Ивлев А.М. 1977.** Особенности генезиса и биогеохимия почв Сахалина. М.: Наука. 143 с.
- Изучение и освоение рек Дальнего Востока. 1969.** М.: Наука. 191 с.
- Коновалова Н.В., Мотылькова И.В. 2011.** Фитоперифитон бассейна реки Новоселка (юго-западный Сахалин // Труды СахНИРО. Т. 12. С. 119–130.
- Кордэ Н.В. 1956.** Методика биологического изучения донных отложений озер (полевая работа и биологический анализ) // Жизнь пресных вод СССР. М., Л.: Изд-во АН СССР. Т. 4. Ч. 1. С. 383–413.
- Могильникова Т.А., Латковская Л.М., Никулина Т.В. 2013.** Пространственная изменчивость гидрохимических показателей и водорослевых сообществ на границе река-море // Жизнь пресных вод. Вып. 1. Владивосток: Дальнаука. С. 213–225.
- Никулина Т.В. 2005а.** Диатомовые водоросли пресных вод юга острова Сахалин // Морфология, систематика, онтогенез, экология и биогеография диатомовых водорослей. Сб. тез. IX школы диатомологов России и стран СНГ (Борок, 13–16 сентября 2005 г.). Борок. С. 50–51.

- Никулина Т.В. 2005б.** Диатомовые водоросли (Bacillariophyta) юга острова Сахалин // Растительный и животный мир острова Сахалин (Материалы Международного сахалинского проекта). Ч. 2. Владивосток: Дальнаука. С. 8–20.
- Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. 2010.** Утв. Приказом Росрыболовства от 18.01.2010 г. № 20. http://89.107.122.151/bpa/bpa_doc.asp?KL=6096&TDoc=47&nb=0
- Оксиюк О.П., Жукинский В.Н., Брагинский Л. П., Линник П. Н., Кузьменко М.И., Кленус В.Г. 1993.** Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиол. журн. Т. 29, № 4. С. 62–76.
- Онищенко Н.И. 1987.** Водные ресурсы Сахалина и их изменения под влиянием хозяйственной деятельности. Владивосток: ДВО АН СССР. 152 с.
- Ресурсы поверхностных вод СССР. 1964.** Дальний Восток. Сахалин и Курилы. Л.: Гидрометеиздат. Т.18, вып. 3. 124 с.
- Ресурсы поверхностных вод СССР. 1973.** Дальний Восток. Сахалин и Курилы. Л.: Гидрометеиздат. Т. 18, вып. 4. 262 с.
- Ресурсы поверхностных вод СССР. 1976.** Основные гидрологические характеристики. Сахалин и Курилы. Л.: Гидрометиздат. Том 18, вып. 4. 155 с.
- Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. 1977.** Л.: Гидрометеиздат. 531 с.
- Сладечек В. 1967.** Общая биологическая схема качества воды // Санитарная и техническая гидробиология. М.: Наука. С. 26–31.
- Чудаева В.А. 2002.** Миграция химических элементов в водах Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука. 392 с.
- Galanin D., Balkonskaya L., Prokhorova N. 2010.** Resources of *Laminaria (Saccharina) japonica* on the southwestern coast of Sakhalin island in recent years. Tasks of investigations for the near period // Bull. Fish. Res.Agen. № 32. P. 43–46.
- Masaki T., Fujita D., Akioka H. 1981.** Observation on the spore germination of *Laminaria japonica* on *Lithophyllum yessoense* (Rhodophyta, Corallinaceae) in culture // Bull. of the Faculty of Fisheries Hokkaido University. V. 32. P. 349–356.
- Nabata S., Abe E., Kakiuchi M. 1992.** On the “Isoyake” condition in Taisei-cho, south western Hokkaido // Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn. V. 38. P. 1–14.
- Nikulina T.V. 2013.** Diatom flora of fresh and brackish water bodies of the Sakhalin Island (Far East, Russia) // Diatoms diversity and distribution, role in biotechnology and environmental impacts. New-York: Nova Science Publisher. P. 35–86.
- Noro T., Masaki T., Akioka H. 1983.** Sublittoral distribution and reproductive periodicity of crustose coralline algae (Rhodophyta, Cryptonemiales) in southern Hokkaido, Japan // Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ. V. 34. P. 1–10.
- Pantle F., Buck H. 1955.** Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse // Gas - und Wasserfach. Bd 96, N 18. 604 S.
- Swift E. 1967.** Cleaning diatoms frustules with ultraviolet radiation and peroxide // Phycologia. V. 6, N 2/3. P. 161–163.