

ДИАТОМОВАЯ ФЛОРА Р. ФАЛЬШИВАЯ (КАМЧАТКА)

Т.В. Никулина¹, Ю.В. Сорокин²

¹Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, пр. 100-летия Владивостока, 159, г. Владивосток, 690022, Россия.

E-mail: nikilinatv@mail.ru; nikilina@ibss.dvo.ru;

²Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, ул. Верхняя Красносельская, д. 17, г. Москва, 107140, Россия. E-mail: sorokura@yandex.ru

Получены данные о составе флоры диатомовых водорослей р. Фальшивая, которая представлена 113 видами (122 таксонами внутривидового ранга) из классов Coscinodiscophyceae, Fragilariophyceae и Bacillariophyceae. К числу доминантов и субдоминантов отнесены 12 видов: *Diatoma hyemalis*, *D. mesodon*, *Fragilaria vaucheriae*, *Meridion circulare* var. *constrictum*, *Encyonema silesiacum*, *Gomphonema angustatum*, *G. parvulum*, *Planothidium lanceolatum*, *Pinnularia acidojaponica*, *Amphora pediculus*, *Nitzschia nana* и *N. palea*. Показателями степени сапробности воды являются 80 видов и разновидностей диатомей (65,6%), наиболее представлены олиго- и бетамезосапробионты – 26,2 и 22,1% соответственно.

DIATOM FLORA OF THE FALSHIVAYA RIVER (KAMCHATKA)

T.V. Nikulina¹, Yu.V. Sorokin²

¹Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity FEB RAS, 159 Stoletiya Vladivostoka Avenue, Vladivostok, 690022, Russia. E-mail: nikilinatv@mail.ru; nikilina@ibss.dvo.ru

²Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, 17 V. Krasnoselskaya St., Moscow, 107140, Russia. E-mail: sorokura@yandex.ru

Data on the diatom flora composition of the Falshivaya River (Kamchatka Peninsula) received; it is represented by 113 species (122 intraspecific rank taxa) from the classes Coscinodiscophyceae, Fragilariophyceae and Bacillariophyceae. Species *Diatoma hyemalis*, *D. mesodon*, *Fragilaria vaucheriae*, *Meridion circulare* var. *constrictum*, *Encyonema silesiacum*, *Gomphonema angustatum*, *G. parvulum*, *Planothidium lanceolatum*, *Pinnularia acidojaponica*, *Amphora pediculus*, *Nitzschia nana* и *N. palea* are dominant and subdominant in river's communities. Eighty species and varieties of diatoms (65,6%) are indicators of the degree of water saprobity, the most represented are oligo- and betamezosaprobionts – 26,2 and 22,1% respectively

Введение

Мутновское геотермальное месторождение является одним из самых крупных в мире, расположено на северном склоне Мутновского вулкана. Активность вулкана выражена фумарольной деятельностью, при которой выделяется огромное количество энергии в виде выбросов вулканических газов и образования множества горячих источников. Недалеко от вулкана, в верховье р. Фальшивая, действует уникальная Мутновская ГеоЭС, построенная в 2001 г. Сброс неочищенного теплоносителя (геотермальных вод) с Мутновской ГеоЭС в Фальшивую проводится с 2006 г.

Цель нашего исследования – получить первичную информацию о составе диатомовой флоры верхнего и среднего течения р. Фальшивая, выявить структуру сообществ водорослей перифитона и провести анализ альгофлоры для оценки наличия видов – индикаторов органического загрязнения.

Информация о флоре цианобактерий и водорослей юго-восточной Камчатки изложена в ряде научных работ (Калитина и др., 2015; Никулина и др., 2015, 2016; Никулина, Грищенко, 2017; Nikulina, Sorokin, 2016; Nikulina et al., 2019). Авторами в летний и осенний периоды 2011–2013 и 2015 гг. обследованы 14 горячих источников из четырех термопроявлений: Малкинского, Начикинского, Паратунского (источники Горячая сопка, Карымшинские) и Мутновского (источники Верхне-Вилочинские, Дачные – Активная и Медвежья группы) геотермальных районов. Выявлено, что диатомовая флора представлена 177 видами, разновидностями и формами водорослей. Основными доминантами в термах названы виды *Pinnularia acidojaponica*, *Achnanthisdium exiguum*, *Caloneis bacillum*, *Nitzschia amphibia*, *Rhopalodia acuminata* и *Gomphonema parvulum*. Во флоре преобладают бентосные, индифферентные к солености, алкалифильные, олиго- и бетамезосапробные, широко распространенные виды.

Река Фальшивая является основной водной артерией в районе Мутновского месторождения, она берет начало со склонов Мутновского вулкана и близлежащих сопкок, впадает в одноименную бухту Тихого океана. Площадь водосбора Фальшивой – 191,8 км², длина – 31 км, крупнейший приток – р. Левая Фальшивая (12 км), всего притоков более 60, их общая совокупная длина – 113 км, а речной системы в целом – 155 км. Течение в реке быстрое, бурное. Благодаря большому количеству осадков, выпадающих на слабоустойчивые грунты, в летне-осеннее время в период обильных дождей со склонов сопкок возможны сходы селевых потоков, которые перегораживают всю речную долину. Последний крупный сель сошел в 1996 г. по руч. Куропатка (правый приток р. Фальшивая).

На нерест в р. Фальшивая заходят четыре вида тихоокеанских лососей и два вида голецов, в связи с этим, она включена в Перечень водных объектов, имеющих значение для воспроизводства лососевых рыб, и относится к высшей рыбохозяйственной категории.

По гидрологическому режиму Фальшивая и ее притоки относятся к рекам Тянь-Шаньского типа с продолжительной зимней меженью и половодьем в теплую часть года. Средний многолетний расход воды р. Фальшивой составляет 0,62 м³/с (пределы колебаний от 0,05 до 3,54 м³/с), средний годовой расход воды 95%-ной обеспеченности – 0,31 м³/с. Максимальные средние месячные расходы приходятся на июль (до 3,43 м³/с), минимальные отмечаются в январе-феврале (0,05 м³/с). Средняя месячная температура воды большую часть года близка к 4–5 °С и только в августе–сентябре поднимается до 10–11 °С (Васильев, Шмидт, 1987; Сорокин, 2008, 2014; Ермакова, 2009).

Сток реки Фальшивой в районе месторождения формируется за счет подземных (в том числе термальных) и поверхностных вод, стекающих по поверхности водосбора и по первичной русловой сети после выпадения осадков, таяния снежников и ледников. При выпадении дождей вода очень быстро достигает русловой сети, поэтому в теплое время высока суточная изменчивость речного стока. Зимой сток полностью определяется поступлением подземных вод, изменчивость которого достаточно низка. В эти месяцы из-за малого разбавления подземных вод следует ожидать наиболее высокие концентрации растворенных в воде веществ.

Регулирующая роль бассейна реки Фальшивой проявляется в перераспределении зимних осадков в сток теплого периода, из-за чего средние месячные расходы воды летом в 3–4 раза больше, чем зимой. За период с июня по сентябрь проходит больше 70% всего годового стока (Васильев, Шмидт, 1987; Сорокин, 2008, 2014; Ермакова, 2009).

Материал и методы исследований

Пробы водорослей перифитона были отобраны в летний период (август) 2011 и 2018 гг. на восьми станциях р. Фальшивая, в верхнем (ст. 1, 1А, 2, 4, 6, 7, 9) и среднем (ст. 12) течении реки. Фоновая точка отбора проб (ст. 1) расположена вне зоны антропогенного воздействия, в 0,2–0,3 км выше нахождения Мутновской ГеоЭС и сброса отработанных геотермальных вод (сепарат) из скважин электростанции. Следующие точки отбора проб находятся в удалении от места сброса сепарата в 0,2; 0,7; 1,5; 2; 3,5 и 5,5 км. Нижняя станция отбора проб (ст. 12) удалена на 10 км от ГеоЭС.

На всей протяженности обследованного участка реки отмечены гравийно-галечные грунты, в сочетании со средними и крупными камнями, изредка – с валунами. Скорость течения в водотоке от истока к среднему течению увеличивалась от 0,35 до 1,5 м/с. Температура воды в реке в 2011 г. изменялась от 8,4 °С (ст. 1) до 18,1 °С (ст. 1А), в 2018 г. перепады были не столь значительными – в пределах 3,6–6,5 °С. За весь период исследования разница значений водородного показателя кислотности среды (рН) варьировала от 6,3 до 9,1; воды слабоминерализованные (табл. 1). Более полное описание и схема расположения точек отбора проб

Таблица 1

Абиотические данные р. Фальшивая на станциях отбора альгологических проб в летний период 2011 и 2018 гг.

Станция	Год отбора проб	Описание	t° C		рН		v _{теч.} ³ М/ сек	h, м	ppt
			2011	2018	2011	2018			
1	2011 2018	фоновая, 0,2–0,3 км выше сброса сепарата из скважин ГеоЭС	8,4	3,6	7,7	7,7	0,35	0,15	0,02
сепарат			42,2	–	9,1	–	–	–	–
1А	2011 2018	0,2 км ниже места сброса сепарата	18,1	3,6	9,1	7,9	0,35	0,15	0,02
2	2018	0,7 км ниже места сброса сепарата	–	3,8	–	7,35	0,76	0,15	0,02
4	2018	1,5 км ниже места сброса сепарата, ниже впадения руч. Медвежий	–	6,5	–	7,25	–	0,2	0,02
6	2011 2018	2 км ниже места сброса сепарата, ниже впадения безымянного ручья из термальных источников Дачные	16,0	6,7	8,5	7,25	1,1	0,2	0,02
7	2018	3,5 км ниже места сброса сепарата	–	5,3	–	7,1	–	0,2	0,02
9	2018	5,5 км ниже места сброса сепарата	–	6,3	–	6,3	–	0,2	0,04
12	2011	10 км ниже места сброса сепарата ГеоЭС и ниже впадения руч. Куропатка	11,7	–	6,7	–	1,5	0,2–0,5	–

приведены в работах, посвященных изучению зообентоса р. Фальшивая (Сорокин, 2008, 2014).

Пробы водорослей перифитона отбирали по общепринятым методикам (Вассер и др, 1989). Для определения видовой принадлежности диатомовых водорослей готовили постоянные препараты методом прокаливания створок диатомей в перекиси водорода (Swift, 1967). При идентификации водорослей использовали световые микроскопы «Axioskop 40» (Zeiss, объективы 40x/0,65 и 100x/1,25 oil) и «Alphaphot-2 YS-2» (Nikon, объективы 40x/0,65 и 100x/1,25 oil).

Частоту встречаемости (оценку обилия) видов водорослей определяли по шестибалльной шкале (Кордэ, 1956). При описании структуры альгосообществ выделяли преобладающие комплексы видов, к которым были отнесены доминанты – таксоны с частотой встречаемости 6 («масса»), субдоминанты – с оценкой обилия 5 («часто»). Все водоросли с частотой встречаемости от 1 («единично») до 4 («очень часто») классифицированы как второстепенные виды. В случае отсутствия в водорослевом сообществе реального доминирования вида к доминантам относили таксоны, имеющие максимально высокую частоту встречаемости. Выявление водорослей – индикаторов органического загрязнения проведено на основании литературных данных об экологии водорослей (Sladec̆ek, 1986); Van Dam et al., 1994; Bukhtiyarova, 1999; Баринаова и др., 2006). Видовую принадлежность водорослей идентифицировали с использованием определителей и справочной литературы (Krammer, Lange-Bertalot, 1986, 1988, 1991; Hartley et al., 1996; Lange-Bertalot, 2001; Krammer, 2002 и др.). Список диатомовых водорослей составлен согласно системе, предложенной на мировом альгологическом сайте AlgaeBase и принятом нами в Каталоге пресноводных водорослей юга Дальнего Востока России (Медведева, Никулина, 2014; Guiry, Guiry, 2016). Внутри отделов роды и виды водорослей расположены в алфавитном порядке.

Результаты и обсуждение

Диатомовая флора реки Фальшивой, обследованной в летний период 2011 г. и 2018 г., представлена 122 видами, разновидностями и формами водорослей из классов Coscinodiscophyceae, Fragilariophyceae и Bacillariophyceae (табл. 2, 3). Класс Bacillariophyceae включает 79,5% от общего числа идентифицированных видов, наибольшее количество видов, разновидностей и форм содержат семейства *Fragilariaceae* (20), *Pinnulariaceae* (15) и *Bacillariaceae* (12); роды *Pinnularia* (15), *Nitzschia* (11), *Gomphonema* (7) и *Cymbella* (7).

Перифитонные сообщества обследованных нами восьми участков р. Фальшивая включают умеренное количество видов. В перифитоне на верхней, фоновой станции обнаружено 53 (2011 г.) и 60 (2018 г.) видов диатомовых водорослей. В альгосообществах выявлены доминирующие и субдоминирующие по численности виды: алкалифилы *Gomphonema angustatum*, *Planothidium lanceolatum*, *Meridion circulare* var. *constrictum* и индифферентные к изменениям pH среды *Diatoma hyemalis* и *Encyonema silesiacum*. Сходный видовой состав имеет диатомовое сообщество реки на станции 1А (табл. 3), расположенной в 0,2 км ниже сброса отработанных геотермальных вод с Мутновской ГеоЭС, структура преобладающих видов также не изменилась. Отличие состоит в том, что частота встречаемости всех видов, в том числе доминирующих, значительно уменьшилась, появилось большое количество деформированных и пустых створок.

Ниже по течению реки (ст. 2) отмечено резкое падение числа таксонов – 28 видов и разновидностей диатомей, из них к преобладающим отнесен единственный

Таблица 2

Таксономический состав диатомовых водорослей р. Фальшивая (Камчатка)

Класс	Порядок	Семейство	Род	Вид	Вид, разновидность и форма	Процентное соотношение
Coscinodiscophyceae	2	2	2	4	4	3,3
Fragilariophyceae	2	2	7	15	21	17,2
Bacillariophyceae	8	14	28	94	97	79,5
Всего	12	18	37	113	122	100

Таблица 3

Видовой состав диатомовых водорослей р. Фальшивая (Камчатка)

№ п/п	Таксон	1		1A		2	4	6		7	9	12	S
		2011	2018	2011	2018	2018	2018	2011	2018	2018	2018	2011	
	Отдел Bacillariophyta												
	Класс Coscinodiscophyceae												
	Порядок Aulacoseirales												
	Семейство Aulacoseiraceae												
1	<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	α-β
2	<i>A. granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	β-α
3	<i>A. subarctica</i> (O. Müller) Haworth	-	-	-	-	1	-	-	-	1	1	-	ο
	Порядок Melosirales												
	Семейство Melosiraceae												
4	<i>Melosira varians</i> Agardh	-	1	-	-	1	1	2	1-2	1	1	1	α-β
	Класс Fragilariophyceae												
	Порядок Fragilariales												
	Семейство Fragilariaceae												
5	<i>Diatoma anceps</i> (Ehrenberg) Kirchner	-	-	-	1	-	1	1	1	1	1-2	-	β
6	<i>D. hyemalis</i> (Roth) Heiberg	2-4	3-6	1	4	3	4-5	2	5-6	4-5	3-4	2	β-ο
7	<i>D. mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing	4-5	5	2-3	2-5	4	4-6	4	4-5	5-6	3-4	1	ο-β
8	<i>D. vulgare</i> Bory	1	-	1	-	-	1	-	1	1	-	-	β
9	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>capucina</i>	1	4	1-2	2	2	1	3	2-4	1	-	1	ο
10	<i>F. capucina</i> var. <i>mesolepta</i> (Rabenhorst) Rabenhorst	1	1	1	-	-	-	2	-	-	-	-	ο-β
11	<i>F. capucina</i> var. <i>rumpens</i> (Kützing) Lange-Bertalot ex Bukhtiyarova	-	-	1	-	-	-	1	1	1	-	1	ο
12	<i>F. radians</i> (Kützing) D.M. Williams et Round	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
13	<i>F. vaucheriae</i> (Kützing) Petersen	2	3	2-3	3-4	3	3	5	2-3	1	2	1	ο-β
14	<i>Fragilariforma virescens</i> (Ralfs) Williams et Round	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	ο
15	<i>Hannaea arcus</i> (Ehrenberg) Patrick var. <i>arcus</i>	-	1	-	1-3	-	1	1	1	3-4	1	1	χ
16	<i>H. arcus</i> var. <i>amphioxys</i> (Rabenhorst) Patrick	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-
17	<i>H. arcus</i> var. <i>linearis</i> (Holmboe) Ross	-	1	-	1	-	-	-	-	2	-	-	-

18	<i>H. arcus</i> var. <i>rectus</i> (Cleve) M. Idei	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	о
19	<i>Meridion circulare</i> (Greville) Agardh var. <i>circulare</i>	1	1	–	1	–	1	1	1	1	1	1	о-χ
20	<i>M. circulare</i> var. <i>constrictum</i> (Ralfs) Van Heurck	4	4-6	2-3	4-5	–	5	2	4-5	1	2-3	1	χ-о
21	<i>Ulnaria danica</i> (Kützing) Compère et Bukhtiyarova	–	1	–	1	–	–	–	1	–	–	–	–
22	<i>U. delicatissima</i> (W. Smith) Aboal et Silva	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
23	<i>U. oxyrhynchus</i> (Kützing) Aboal	–	–	–	–	–	–	–	1	1	–	–	–
25	<i>U. ulna</i> (Nitzsch) Compère	–	–	–	1	1	1	2	2	1	1	1	о-α
	Порядок Tabellariales												
	Семейство Tabellariaceae												
25	<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützing	–	–	–	2	–	1	–	–	–	–	–	о-α
	Класс Bacillariophyceae												
	Порядок Eunotiales												
	Семейство Eunotiaceae												
26	<i>Eunotia arcus</i> Ehrenberg	–	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–	χ-β
27	<i>E. bidens</i> Ehrenberg	–	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–
28	<i>E. bilunaris</i> (Ehrenberg) Schaarschmidt	–	–	–	–	–	1	1	1	–	–	–	о
29	<i>E. exigua</i> (Brébisson ex Kützing) Rabenhorst	–	1	1	1-2	–	–	–	1	–	–	–	β-о
30	<i>E. implicata</i> Nörpel, Lange-Bertalot et Alles	1	1	1	–	1	1	–	1	1	1	–	–
31	<i>E. praerupta</i> Ehrenberg	–	1	1	1	–	–	1	–	–	–	–	β
	Порядок Cymbellales												
	Семейство Cymbellaceae												
32	<i>Cymbella amplificata</i> Krammer	2-3	1	–	–	–	1	1	–	1	1	–	–
33	<i>C. arctica</i> (Lagerstedt) Schmidt	–	–	–	–	–	–	–	1	1	–	–	–
34	<i>C. cistula</i> (Ehrenberg) Kirchner	1	–	1	1	–	–	–	–	1	–	–	о
35	<i>C. parva</i> (W. Smith) Kirchner	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–
36	<i>C. aff. proxima</i> Reimer	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–
37	<i>C. tumida</i> (Brébisson) Grunow	–	–	1	1	–	–	–	1	–	–	–	χ
38	<i>C. subaspera</i> Krammer	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–
39	<i>Cymbopleura naviculiformis</i> (Auerswald) Krammer	–	–	1	–	–	1	–	–	–	–	–	о
40	<i>Encyonema gracile</i> Ehrenberg	2	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–
41	<i>E. minutum</i> (Hilse ex Rabenhorst) Mann	2	1-2	1	–	1	2	–	1	1	–	1	о
42	<i>E. silesiacum</i> (Bleisch) Mann	4-6	5-6	4	5	1	5	2	3-4	2	4	1	χ-о
	Семейство Gomphonemataceae												
43	<i>Gomphoneis olivaceum</i> (Hornemann) Dawson ex Ross et Sims	1	1-2	–	–	–	–	–	1	–	–	–	β
44	<i>Gomphonema angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst var. <i>angustatum</i>	6	6	6	2-3	3-4	3	6	1-3	1-3	4-5	5	β
45	<i>G. angustatum</i> var. <i>undulata</i> Grunow	1	1	2-3	–	–	–	–	–	–	–	–	–
46	<i>G. angustum</i> C. Agardh	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	о-β
47	<i>G. coronatum</i> Ehrenberg	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	β
48	<i>G. gracile</i> Ehrenberg	1	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–

49	<i>G. parvulum</i> (Kützing) Kützing	2	1	1	2	3	3	1-2	3	5	2-3	1-2	β
50	<i>G. sarcophagus</i> Gregory	1	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
51	<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek et Stoermer	–	1	–	1	–	1	–	1	–	–	–	–
	Порядок Achnanthales												
	Семейство Achnanthidiaceae												
52	<i>Achnanthidium exiguum</i> (Grunow) Czarnecki	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
53	<i>A. minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	1	1	2	1	1	1	–	–	–	1	1	β
54	<i>A. saprophilum</i> (Kobayasi et Mayama) Round et Bukhtiyarova	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
55	<i>Planothidium ellipticum</i> (Cleve) Edlund	2	–	2-3	1-3	2	2	2	2	1	1	2	–
56	<i>P. haynaldii</i> (Schaarschmidt) Lange-Bertalot	3	2	2	2	2	2	3	2	2	1	2	β-α
57	<i>P. lanceolatum</i> (Brébisson) Lange-Bertalot	3-4	5-6	5	5	4	5	3	4	2-3	2	2-3	χ-ο
58	<i>P. rostratum</i> (Oestrup) Round et Bukhtiyarova	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
59	<i>Psammothidium helveticum</i> (Hustedt) Bukhtiyarova et Round	2-3	1-2	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–
60	<i>Rossthidium linearis</i> (W. Smith) Round et Bukhtiyarova	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	χ-ο
	Семейство Cocconeidaceae												
61	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg var. <i>euglypta</i> (Ehrenberg) Grunow	1	1	–	1	–	1	–	1	1	1	–	–
	Порядок Naviculales												
	Семейство Amphipleuraceae												
62	<i>Frustulia amphipleuroides</i> (Grunow) Cleve-Euler	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–
63	<i>F. rhomboides</i> (Ehrenberg) De Toni	–	1	–	1	–	1	–	1	1	–	–	χ-β
64	<i>F. vulgaris</i> (Thwaites) De Toni	1	1	1	–	–	–	1	1	1	–	–	χ-β
	Семейство Diadesmidaceae												
65	<i>Diadesmis contenta</i> (Grunow) Mann f. <i>biceps</i> (Grunow) Hustedt	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–
66	<i>Luticola mutica</i> (Kützing) Mann	–	1	–	1	–	1	–	–	–	–	–	ο
	Семейство Neidiaceae												
67	<i>Neidium affine</i> (Ehrenberg) Pfitzer	–	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–	ο
68	<i>N. ampliatum</i> (Ehrenberg) Krammer	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–
69	<i>N. bisulcatum</i> (Lagerstadt) Cleve	1	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	ο-β
	Семейство Sellaphoraceae												
70	<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mann	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	β
	Семейство Pinnulariaceae												
71	<i>Pinnularia acidojaponica</i> Idei et Kobayasi	1	1	–	–	–	1	3-5	1	1	1	2	–
72	<i>P. acoricola</i> Hustedt	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–
73	<i>P. appendiculata</i> (C. Agardh) Cleve	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	χ
74	<i>P. biceps</i> Gregory	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	β-ο
75	<i>P. borealis</i> Ehrenberg	1	1	1	1	–	1	1	1	1	–	–	ο-β

76	<i>P. lata</i> (Brébisson) W. Smith	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–
77	<i>P. marchica</i> I. Schonfelder	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
78	<i>P. microstauron</i> var. <i>microstauron</i>	–	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–	χ
79	<i>P. microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve var. <i>rostrata</i> Krammer	–	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–
80	<i>P. neomajor</i> Krammer	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–	о-χ
81	<i>P. obscura</i> Krasske	–	–	–	1	–	–	–	1	–	–	–	–
82	<i>P. subgibba</i> Krammer var. <i>undulata</i> Krammer	1	–	–	–	1	1	1-2	–	–	–	1	о
83	<i>P. viridiformis</i> Krammer	1	–	–	–	–	1	1	–	1	1	–	о
84	<i>P. viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg	–	–	–	1	–	1	–	1	–	–	–	о-χ
85	<i>Pinnularia</i> sp.	–	1	–	–	–	–	–	1	1	1	–	–
	Семейство Diploneidaceae												
86	<i>Diploneis elliptica</i> (Kützing) Cleve	–	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–	о-α
87	<i>D. ovalis</i> (Hilse) Cleve	1	1	1	1	–	–	1	1	1	1	1	β
	Семейство Naviculaceae												
88	<i>Caloneis silicula</i> (Ehrenberg) Cleve	–	–	1	–	–	1	1	–	–	–	–	χ
89	<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	2	1	–	1	1	1	–	–	–	–	–	χ
90	<i>N. cryptotenella</i> Lange-Bertalot	1	1	–	1	1	–	–	–	1	–	–	о-β
91	<i>N. integra</i> (W. Smith) Ralfs	–	–	–	–	–	–	–	1	1	–	–	–
92	<i>N. lanceolata</i> (C. Agardh) Kützing	1	1	–	1	–	1	–	1	1	–	–	χ-β
93	<i>N. rhynchocephala</i> Kützing	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	α
94	<i>N. slesvicensis</i> Grunow	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
95	<i>N. tripunctata</i> (O. Müller) Bory	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	β
	Семейство Stauroneidaceae												
96	<i>Stauroneis anceps</i> Ehrenberg	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–	–	χ
97	<i>S. phoenicenteron</i> (Nitzsch) Ehrenberg	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	χ-о
	Порядок Thalassiophysales												
	Семейство Catenulaceae												
98	<i>Amphora libyca</i> Ehrenberg	–	1	1	1	–	–	1	–	–	–	–	–
99	<i>A. ovalis</i> (Kützing) Kützing	1	–	1	–	1	1	1	1	–	–	–	β-о
100	<i>A. pediculus</i> (Kützing) Grunow	1	1	2	–	4-5	–	–	–	1	–	–	о-β
101	<i>A. veneta</i> Kützing	–	–	1-2	–	1	1	1	–	–	1	–	о
	Порядок Bacillariales												
	Семейство Bacillariaceae												
102	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow	–	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–	β-о
103	<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow	1	1	1	–	–	–	–	1	–	–	1	χ
104	<i>N. fonticola</i> Grunow	–	1	–	–	–	1	–	–	–	–	1	о
105	<i>N. frustulum</i> (Kützing) Grunow	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
106	<i>N. linearis</i> (Agardh) W. Smith	–	1	1	–	–	1	1-2	1	–	–	–	χ
107	<i>N. nana</i> Grunow	2	1	1	1	1	1	4-5	1	1	–	1	–
108	<i>N. palea</i> (Kützing) W. Smith	4	4	4-5	–	1	2	2	2	1	2	1	α-β
109	<i>N. paleacea</i> (Grunow) Grunow	1	2	2-3	1	1	3	–	–	1	–	–	β
110	<i>N. pusilla</i> Grunow	2	–	3-4	–	–	–	–	–	–	–	–	χ
111	<i>N. aff. tubicola</i> Grunow	3	4	1	3-4	2	2	1	2	3	2	1	–
112	<i>N. umbonata</i> (Ehrenberg) Lange- Bertalot	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–	–	β-о
113	<i>N. vermicularis</i> (Kützing) Hantzsch	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–	–	о

Порядок Rhopalodiales													
Семейство Rhopalodiaceae													
114	<i>Epithemia adnata</i> (Kützing) Brébisson	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	β-α
115	<i>E. sorex</i> Kützing	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	о-α
116	<i>Rhopalodia acuminata</i> Krammer	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-
117	<i>Rh. gibba</i> (Ehrenberg) O. Müller	-	1	-	1	-	-	1	-	1	-	-	χ-о
118	<i>Rh. musculus</i> (Kützing) O. Müller	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Порядок Surirellales													
Семейство Surirellaceae													
119	<i>Surirella angusta</i> Kützing	1-2	1	2	1	-	1	1	1	1	1	-	о
120	<i>S. brebissonii</i> Krammer et Lange-Bertalot var. <i>brebissonii</i>	1	1	1	1	1	1	-	1	1	3	-	χ
121	<i>S. brebissonii</i> var. <i>kuetzingii</i> Krammer et Lange-Bertalot	1	1	-	-	-	-	1-2	-	1	-	-	-
122	<i>S. minuta</i> Brébisson	4	1	1	1	1	2	3	1	1	1	1	о-α
	Всего таксонов	53	60	50	46	28	51	47	56	51	37	27	

Примечание: Частота встречаемости организмов указана по шестибальной шкале: 1 – единично, 2 – редко, 3 – нередко, 4 – часто, 5 – очень часто, 6 – масса (Кордэ, 1956). «-» – нет данных. Номера станций: 1 – 0,2–0,3 км выше места сброса сепарата ГеоЭС; 1А – 0,2 км ниже; 2 – 0,7 км ниже; 4 – 1,5 км ниже; 6 – 2 км ниже; 7 – 3,5 км ниже; 9 – 5,5 км ниже; 12 – 10 км ниже места сброса сепарата ГеоЭС. Сапробная характеристика: χ – ксеносапробионт, χ-о – ксено-олигосапробионт, о-χ – олиго-ксеносапробионт, χ-β – ксено-бетамезосапробионт, о – олигосапробионт, о-β – олиго-бетамезосапробионт, β-о – бета-олигосапробионт, о-α – олиго-альфамезосапробионт, β – бетамезосапробионт, β-α – бета-альфамезосапробионт, α-β – альфа-бетамезосапробионт.

вид *Amphora pediculus* с частотой встречаемости «очень часто», все остальные имели оценку обилия «единично» – «часто» (табл. 3); здесь также присутствует много поврежденных и ломаных створок диатомовых водорослей. На этом участке реки – ниже сброса и до ст. 2 – прослеживается максимальное воздействие на водоток от сбрасываемых техногенных вод за счет продолжительности и постоянства сброса и минимального разбавления из-за отсутствия притоков; все эти факторы могут быть причиной разительных изменений в структуре альгосообщества и численности его состава.

В обрастаниях каменистых субстратов Фальшивой на нижерасположенных участках (ст. 4–9) основными доминантами можно назвать два вида – *Diatoma mesodon* и *D. hyemalis*, которые в сочетании с субдоминирующими *M. circulare* var. *constrictum*, *E. silesiacum*, *Gomphonema parvulum*, *G. angustatum*, *P. lanceolatum* и *Nitzschia nana* создают основу перифитонных диатомовых сообществ.

На станциях 9 и 12 вновь происходит резкое уменьшение числа видов в альгосообществах – 37 и 27 соответственно. Единственный вид *Gomphonema angustatum* зафиксирован с максимальной частотой встречаемости «очень часто», все остальные имели оценку обилия «единично» – «часто». Можно предположить, что причина таких изменений – «нагрузка» от крупных притоков р. Правая Фальшивая (на ст. 9) и руч. Куропатка (на ст. 12). Эти притоки несут в своих водах концентрации разных металлов (Al, Cu, Fe и др.) многократно превышающие ПДК, имеют кислый pH (меньше 5), и понижают значения водородного показателя воды р. Фальшивая до 6,3–6,7 (табл. 1).

Таким образом, в перифитонных сообществах р. Фальшивая нами отмечены двенадцать видов диатомей, отнесенных к разряду доминантов и субдоминантов: *Diatoma hyemalis*, *D. mesodon*, *Fragilaria vaucheriae*, *Meridion circulare*

var. *constrictum*, *Encyonema silesiacum*, *Gomphonema angustatum*, *G. parvulum*, *Planothidium lanceolatum*, *Pinnularia acidojaponica*, *Amphora pediculus*, *Nitzschia nana* и *N. palea*.

Показателями степени сапробности воды являются 80 видов и разновидностей диатомей, что составляет 65,6% от общего числа диатомовой флоры р. Фальшивая. Распределение по сапробиологическим группам выглядит следующим образом: наиболее значительными являются две сапробиологические группы – олигосапробионты (26,2%) и бетамезосапробионты (22,1%), на долю ксеносапробионтов и альфамезосапробионтов приходится 14,0% и 3,3% от общего числа видов диатомей соответственно (табл. 3, 4).

Таблица 4

Соотношение индикаторных видов водорослей по степени сапробности
(р. Фальшивая, Камчатка)

Сапробиологическая группа	Степень сапробности видов-индикаторов	Количество таксонов		% от общего числа таксонов
Ксеносапробионты (S = 0 – 0,50)	χ	11	17	14,0
	χ-о	6		
Олигосапробионты (S = 0,51 – 1,50)	о-χ	3	32	26,2
	χ-β	4		
	о	17		
	о-β	8		
Бетамезосапробионты (S = 1,51 – 2,50)	β-о	6	27	22,1
	о-α	5		
	β	13		
	β-α	3		
Альфамезосапробионты (S = 2,51 – 3,50)	α-β	3	4	3,3
	β-ρ	–		
	α	1		
	α-ρ	–		
Полисапробионты (S = 3,51 – 4,50)	ρ-α	–	–	–
	ρ	–		
Нет данных		42	42	34,4
Всего:		122	122	100

Литература

- Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. 2006.** Биоразнообразие водорослей – индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: Русское издательство Piles Studio. 498 с.
- Васильев А.В., Шмидт С.В. 1987.** Водно-технические изыскания. Л.: Гидрометеоздат. 360 с.
- Вассер С.П., Кондратьева Н.В., Масюк Н.П., Паламарь-Мордвинцева Г.М., Ветрова З.И. и др. 1989.** Водоросли. Справочник. Киев: Наукова думка. 608 с.
- Ермакова А.С. 2009.** Русловые процессы на реках Камчатки: автореф. дис... канд. геогр. наук. М.: МГУ, 26 с.
- Калитина Е.Г., Никулина Т.В., Харитонова Н.А., Вах Е.А. 2015.** Материалы к изучению разнообразия микроорганизмов в термальных источниках Камчатки (Россия) // Материалы Всеросс. конф. с междунар. участием «Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Евразии» с элементами научной школы. 23–27 ноября 2015 г. Томск, Россия. С. 510–513.
- Кордэ Н.В. 1956.** Методика биологического изучения донных отложений озер (полевая работа и биологический анализ) // Жизнь пресных вод СССР. Т. 4. Ч. 1. М., Л.: Изд-во АН СССР. С. 383–413.
- Медведева Л.А., Никулина Т.В. 2014.** Каталог пресноводных водорослей юга Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука. 271 с.

- Никулина Т.В., Грищенко О.В. 2017.** Флора диатомовых водорослей Дачных термальных источников (Камчатка, Россия) // Чтения памяти профессора Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 7. Владивосток: ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН. С. 185–193.
- Никулина Т.В., Калитина, Вах Е.А., Харитоновна Н.А. 2015.** Бактерии и диатомовые водоросли Малкинских, Начикинских и Верхне-паратунских термальных источников (Камчатка, Россия) // Всеросс. научная конф. с междунар. участием «Современное состояние и методы изучения экосистем внутренних водоемов», посвященная 100-летию со дня рождения Игоря Ивановича Куренкова, 7–9 октября 2015 г., Петропавловск-Камчатский, Россия. С. 104–110.
- Никулина Т.В., Калитина Е.Г., Вах Е.А., Харитоновна Н.А. 2016.** Список диатомовых водорослей трех термальных источников Камчатки – Малкинских, Начикинских и Верхне-паратунских (Россия) // Жизнь пресных вод. Т. 2. Владивосток: Дальнаука. С. 108–115.
- Сорокин Ю.В. 2008.** Реакция речной бентофауны на изменение температуры и химизма воды в ходе долговременного эксперимента по сбросу геотермальных вод (р. Фальшивая, юго-восточная Камчатка) // Чтения памяти профессора Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 4. Владивосток: Дальнаука. С. 636–642.
- Сорокин Ю.В. 2014.** Воздействие высоких концентраций металлов на бентофауну р. Фальшивая и ее притоков, стекающих со склонов Мутновского вулкана (юго-восточная Камчатка) // Чтения памяти профессора Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 6. Владивосток: Дальнаука. С. 636–642.
- Bukhtiyarova L.N. 1999.** Diatoms of Ukraine. Inland waters. Kyiv. 133 p.
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2016.** AlgaeBase / Ryan Institute, National University of Ireland, University Road, Galway, Ireland, 1996–2018. URL: <http://www.algaebase.org/>; (searched on 15.12.2016).
- Hartley B., Barber H.G., Carter J.R. 1996.** An atlas of British diatoms. England: Biopress Ltd. 601 p.
- Krammer K. 2002.** *Cymbella* // Diatoms of Europe. Diatoms of the European inland waters and comparable habitats. V. 3. Ruggell: A.R.G. Ganter Verlag K.G. 584 p.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1986.** Bacillariophyceae: Naviculaceae // Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 2/1. Jena: Gustav Fischer Verlag. 860 S.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1988.** Bacillariophyceae: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae // Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 2/2. Stuttgart; New York: Gustav Fischer Verlag. 596 S.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991.** Bacillariophyceae: Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema Gesamtliteraturverzeichnis // Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 2/4. Stuttgart; Jena: Gustav Fischer Verlag. 437 S.
- Lange-Bertalot H. 2001.** *Navicula sensu stricto*, 10 Genera Separated from *Navicula sensu stricto*, *Frustulia* // Diatoms of Europe. Diatoms of the European inland waters and comparable habitats. V. 1. Ruggell: A.R.G. Gantner Verlag K.G. V. 2. 526 p.
- Nikulina T.V., Kalitina E.G., Kharitonova N.A., Chelnokov G.A., Vakh E.A., Grishchenko O.V. 2019.** Chapter 14. Diatoms from hot springs of the Kamchatka Peninsula (Russia) // Diatoms: Fundamentals & Applications. J. Seckbach and R. Gordon (eds.). Wiley-Scrivener, Beverly, MA, USA. Vol. 1. P. 311–333.
- Nikulina T.V., Sorokin Yu.V. 2016.** Features of periphyton diatom communities from the stream of volcanic region (Falshivaya River, South-Eastern Kamchatka, Russia) // 3rd Intern. Symposium of Benthological Society of Asia. Vladivostok, Russian Federation. August 24–27, 2016: Abstract Book. Vladivostok: Dalnauka. P. 92.
- Sládeček V. 1986.** Diatoms as indicators of organic pollution // Hydrochim. hydrobiol. V. 14. N5. P. 555–566.
- Swift E. 1967.** Cleaning diatoms frustules with ultraviolet radiation and peroxide // Phycologia. V. 6. N2/3. P. 161–163.
- Van Dam H., Mertens A., Sinkeldam J. 1994.** A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands // Netherlands J. Aquat. Ecol. V. 1, N28. P. 117–133.