

Данная территория — восточный склон Салаирского кряжа — подвергается большей антропогенной нагрузке, чем западный склон, расположенный на территории Алтайского края, Новосибирской области.

Проведенные лишенологические исследования на эталонных территориях

позволили выявить характеристики видового состава лишенофлоры, особенности антропогенного воздействия на сообщества. Результаты лишеноиндикационных работ являются базой для выявления аномалий в состоянии сообществ особо охраняемых территорий Кемеровской области.

Библиографический список

1. Седелникова Н. В. Оценка биологического разнообразия лишайников Сибири // Сибирский экологич. журн., № 6. — 1994. — Новосибирск: Наука. — С. 563—573.
2. Флора Салаирского кряжа / Отв. Ред. Н. Н. Лащинский. — Новосибирск: Гео, 2007. — 252 с.

УДК 574.583:582.23 (282.256.66)

СТРУКТУРА ПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ ВОДОРΟΣЛЕЙ РЕКИ ВИЛЮЙ

П. А. Ремигайло,
директор, Институт биологических проблем криолитозоны Сибирского отделения РАН (ИБПК СО РАН),
p.a.remigailo@ibpc.ysn.ru,

В. А. Габышев,
с. н. с., ИБПК СО РАН, v.a.gabyshev@ibpc.ysn.ru

Впервые обобщены сведения о структуре планктонных сообществ водорослей от истока до устья р. Вилюй — крупной реки, протекающей в Западной Якутии. Выявлены особенности развития фитопланктона на различных участках реки, включая каскад водохранилищ. Проведена оценка качества вод по биоиндикационным свойствам водорослей. Данные о структуре фитопланктона Вилюя послужат для оценки и контроля экологической ситуации в его бассейне.

Information on the structure of algal planktonic communities of the Vilyui, a large river running in Western Yakutia, from its river head to the mouth has been first summarized. Features of phytoplankton development in various river sites including the reservoir cascade are found. The water quality assessment according to bioindicative algae properties has been made. The facts on the Vilyui phytoplankton structure will be useful for an assessment and supervision of the ecological situation in the river's catchment area.

Ключевые слова: река Вилюй, Вилюйское и Светлинское водохранилища, фитопланктон, качество воды.

Keywords: the Vilyui River, Svetlinskoye and Vilyui water reservoirs, phytoplankton, water quality.

Река Вилюй — самый крупный левый приток р. Лены. Длина реки 2650 км, площадь бассейна 454 тыс. км² [1]. Одна из немногих рек Восточной Сибири, протекающая в широтном направлении по Среднесибирскому плоскогорью, в нижнем течении — по Центральноякутской равнине. Основное ее русло является транспортной водной магистралью. Формирование качества поверхностных вод речной системы протекает в специфических климатических условиях субарктики. Прямое и косвенное воздействие на структуру, функционирование и эволюцию водных экосистем региона оказывают предприятия горнодобывающей промышленности, коммунального хозяйства, транспортной сети. Для энергообеспечения алмазодобывающей промышленности, перспективной добычи и переработки других полезных ископаемых Якутии, а также для энергоснабжения жилищно-коммунальной сферы в 1965—1967 гг. было создано Вилюйское водохранилище — крупный по площади и объему водоем на территории Якутии и одно из крупнейших водохранилищ Сибири, а в 1986 г. — Светлинское водохранилище. В результате перекрытия на реке образован каскад из двух водохранилищ, что обусловило изменение гидро-

логического и гидробиологического режимов р. Виллюй.

Исследования сообществ планктонных водорослей р. Виллюй проводилось в течение последних 40 лет. Наиболее полно изучена гидробиология Виллюйского водохранилища и верхнего течения Виллюя. Основные результаты работ опубликованы в обобщающих монографиях [1, 2]. Данные о водорослях большого по протяженности участка р. Виллюй (среднее и нижнее течение), а также Светлинского водохранилища приводятся в работе В. А. Габышева и О. И. Габышевой [3]. В настоящей Работе приводятся результаты сравнительного анализа структуры фитопланктона на разных участках р. Виллюй от истока до устья.

Цель работы: изучение особенностей таксономического и эколого-географического состава и количественного развития фитопланктона р. Виллюй и каскада его водохранилищ, оценка качества вод по биоиндикационным свойствам водорослей планктона.

Материалы и методы. В работе учтены все имеющиеся сведения о фитопланктоне р. Виллюй от ее истока до устья реки, полученные с 1970 по 2010 гг. На основе особенностей гидрологического режима и гидрографических характеристик исследованная часть реки условно разделена на пять участков: верхнее течение р. Виллюй, Виллюйское водохранилище, Светлинское водохранилище, среднее и нижнее течение р. Виллюй.

Верхнее течение р. Виллюй, от истока до устья р. Чиркуо, протяженностью около 900 км, носит горный характер, расположено в зоне северной тайги и притундровых лесов, в области сплошного распространения многолетней мерзлоты. Русло реки извилистое с характерным чередованием широких (350–400 м) и глубоких (до 4–5 м) плесов с резко суженными (50–70 м) и мелкими (0,2–0,5 м) порожистыми участками. В летне-осеннюю межень часты дождевые паводки, в зимний период сток отсутствует.

Виллюйское водохранилище — крупный искусственный водоем. Его протяженность по бывшему руслу р. Виллюй

составляет 467 км, по р. Чона — 274 км, площадь водного зеркала — 2170 км², объем — 36 км³. Средняя ширина составляет 4,6 км, наибольшая — 20 км, глубина у плотины достигает 70 м, а в 15 км перед ней — 80 м. До зарегулирования стока р. Виллюй на участке Виллюйского водохранилища имела черты типичной горной реки с множеством порогов и перекатов, которые чередовались с плесами. Ширина русла достигала 400 м. В соответствии с рельефом залитой поймы Виллюйское водохранилище имеет ряд четко выделяющихся озеровидных расширений и соединяющих их каньонообразных сужений [2].

Светлинское водохранилище — второе в виллюйском каскаде ГЭС, относительно небольшое по размеру, его длина 138 км, наибольшая глубина — 50 м, ширина — около 500 м, и до 900 м на участках с островами, емкость — около 1 км³. В верхней зоне водохранилища, в пределах 20–30 км ниже плотины Виллюйской ГЭС, скорость течения составляет 0,8–1,5 м/с, далее течение замедляется.

Средний участок р. Виллюй длиной 653 км расположен от плотины Светлинской ГЭС до устья р. Марха. Скорость течения на участке составляет 1,0–1,4 м/с и лишь непосредственно ниже плотины ГЭС достигает 1,7 м/с. Ширина русла достигает 600 м, острова редки. Берега и дно сложены преимущественно галькой.

Нижний участок — от впадения р. Марха до устья, длиной 516 км. Ширина русла здесь изменяется от 300 м до 2,5 км, имеются песчаные острова, косы и отмели. В сложении берегов и русла, начиная от устья р. Марха, наряду с галькой появляется значительная примесь песка; ниже пос. Верхневиллюйск — грунты песчаные.

Для оценки качества вод использованы единые критерии [5, 6]. При сборе, обработке и анализе материала фитопланктона применены унифицированные методы [7].

Результаты. За период наблюдений в планктоне р. Виллюй и каскада его водохранилищ выявлено 649 видов водорослей (770 таксонов рангом ниже ро-

да, включая номенклатурный тип вида) из 8 отделов, 13 классов, 34 порядков, 83 семейств, 170 родов (табл. 1).

По видовому богатству преобладают представители отдела зеленых водорослей (37,3 % от общего числа видов). На втором месте по числу видов диатомовые (33,4 %). Разнообразно представлены сине-зеленые (13,1 %) и золотистые (6,5 %) водоросли. Желто-зеленых (4,3 %), эвгленовых (3,2 %) и динофитовых (2,0 %) — меньше; из отдела красных водорослей выявлен один вид. Основу выявленного сводного списка на 70,7 % составляют диатомовые и зеленые водоросли.

На уровне классов выделяется Penatophyceae (31,0 % видового состава), Chlorophyceae (18,8 %) и Conjugatophyceae (18,5 %); на уровне порядков — Raphales (25,4 %), Desmidiaceae (17,1 %) и Chlorococcales (14,3 %).

Наиболее крупные по числу видов 10 семейств включают 319 видов водорослей (49,2 % от общего числа видов), которые принадлежат к отделам диатомовых, зеленых, золотистых, сине-зеленых и эвгленовых: Desmidiaceae (12,6 % видового состава), Naviculaceae (6,9 %), Closteriaceae (4,5 %), Fragilariaceae, Nitzschiaceae и Scenedesmaceae (по 4,2 %), Oscillatoriaceae и Cymbellaceae (по 3,4 %), Synuraceae и Euglenaceae (по 2,9 %). Одно- и двувидовых семейств в планктоне р. Вилюй насчитывается 37 (44,6 % от их общего количества).

Анализ родового спектра водорослей планктона р. Вилюй указывает на не-

равномерность распределения видов по родам. Так, 10 ведущих родов, составляющих 5,9 % всего родового состава, охватывают 31,6 % общего числа видов. Это представители отделов диатомовых, зеленых, золотистых и сине-зеленых: Closterium (4,5 % видового состава), Cosmarium (4,3 %), Nitzschia (3,9 %), Scenedesmus и Staurostrum (по 2,9 %), Navicula, Eunotia, Cymbella, Mallomonas и Anabaena (по 2,6 %). Одно- и двувидовыми являются 68,2 % всех родов водорослей планктона реки, причем на их долю приходится 24,2 % видового состава. Пропорции флоры 1:2,0:7,8:9,3. Родовая насыщенность 3,8. Вариабельность вида 1,2.

В фитопланктоне р. Вилюй преобладают водоросли смешанного планктонно-бентосного типа местообитаний и истинно-планктонные формы (43,0 % видового состава), бентосных и эпибионтов (31,2 %) меньше.

Скорость течения р. Вилюй относительно невелика, и реофилов в фитопланктоне немного (1,4 %). Водорослей, предпочитающих непроточные воды, 9,1 %. Анализ видового состава фитопланктона р. Вилюй по отношению к скорости течения свидетельствует о преобладании индифферентов (20,6 % от общего числа таксонов).

Воды р. Вилюй маломинерализованные [2, 3], что обуславливает преобладание в фитопланктоне олигогалобов (56,4 %). Активная реакция вод нейтральная, поэтому значительна доля индифферентов (16,4 %), алкалифилов и

Таблица 1
Систематический состав фитопланктона р. Вилюй и каскада его водохранилищ

Отдел	Число					видов и разновидностей	% от общего числа видов (649)
	классов	порядков	семейств	родов	видов		
Cyanophyta	3	7	19	26	85	99	13,1
Dinophyta	1	2	2	4	13	16	2,0
Chrysophyta	1	4	8	15	42	48	6,5
Xanthophyta	2	3	7	14	28	28	4,3
Bacillariophyta	2	5	17	36	217	282	33,4
Euglenophyta	1	2	3	6	21	23	3,2
Chlorophyta	2	10	26	68	242	273	37,3
Rhodophyta	1	1	1	1	1	1	0,2
Всего	13	34	83	170	649	770	100,0

алкалибионтов (15,6 %), а также ацидофилов и ацидобионтов меньше (6,6 %). По географической принадлежности основу фитопланктона р. Вилюй составляют космополиты (51,8 %). Наибольший интерес, в связи с особенностями природных условий реки, представляют альпийские и арктоальпийские организмы, их доля в планктоне Вилюя составляет 4,1 %. Бореальных и циркумбореальных видов меньше — 7,1 %. Доля представителей голарктического географического царства — 5,6 %.

Особые климатические условия обуславливают присутствие стенотермных холодолюбивых диатомей, найденных в планктоне р. Вилюй: *Aulacosira distans* (Ehr.) Simon., *A. distans* var. *alpigena* (Grun.) Simon., *A. islandica* (O. Müll.) Simon., *A. italica* (Kütz.) Simon., *Fragilaria virescens* Ralfs var. *inaequidentata* Lagerst., *Diatoma anceps* (Ehr.) Kirchn., *D. hiemale* (Lyngb.) Heib., *D. hiemale* var. *mesodon* (Ehr.) Grun., *Tetracyclus emarginatus* (Ehr.) W. Sm., *T. rupestris* (A. Br.) Grun., *Navicula amphibola* Cl., *Gyrosigma acuminatum* (Kütz.) Rabenh., *Pinnularia brevicostata* Cl., *Eunotia praerupta* Ehr., *E. praerupta* var. *bidens* (W. Sm.) Grun., *E. praerupta* var. *inflata* Grun., *Gomphonema ventricosum* Greg.

Среди выявленных в планктоне реки водорослей 440 видов и разновидностей являются водорослями-показателями сапробности, что составляет 57,1 % от общего числа таксонов. По отношению к концентрации органических веществ в водной толще состав водорослей-индикаторов реки Вилюй на 19,3 % образован β -мезосапробными формами, 20,7 % — олигосапробными, 32,5 % — видами, развивающимися в переходной зоне между β -мезо- и олигосапробной. Водорослей, характеризующих воды с высокими показателями сапробности, — 9,5 %, с низкими — 18,0 %. Индекс сапробности варьирует по пунктам наблюдений на р. Вилюй в пределах от 1,2 до 1,91 и в среднем составляет 1,65 (что соответствует олиго- β -мезосапробной зоне самоочищения).

Верхнее течение р. Вилюй. В фитопланктоне зарегистрировано 243 видо-

вых и внутривидовых таксона водорослей, среди них: Cyanophyta — 20, Dinophyta — 2, Chrysophyta — 7, Xanthophyta — 2, Bacillariophyta — 100, Euglenophyta — 1, Chlorophyta — 61, Rhodophyta — 1. Таксономическое разнообразие по участкам реки распределялось неравномерно, было относительно невысоким и варьировало в русле р. Вилюй от 18 до 35 и в боковых притоках — от 24 до 56 таксонов водорослей в пробе. Заметным разнообразием в видовом отношении отличался планктон водотоков правого притока р. Вилюй — р. Чиркуо. В верхнем ее течении основу численности и биомассы составляли диатомовые водоросли — *Aulacosira italica* (Kütz.) Simon. var. *tenuissima* (Grun.) Simon., *A. italica* var. *valida* (Grun.) Simon., *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehr. Из зеленых особенно насыщено прогрессировала *Crucigenia tetrapedia* (Kirchn.) W. et G. S. West. Ведущее место в фитопланктоне в среднем течении р. Чиркуо занимали диатомовые водоросли — *Aulacosira italica* (Kütz.) Simon., *Melosira varians* Ag., *Tabellaria fenestrata* (Lyngb.) Kütz., *Fragilaria virescens* Ralfs, *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehr., *Nitzschia acicularis* W. Sm.

Неоднородными по составу и показателям количественного развития были альгогруппировки других притоков верхнего Вилюя. Так, фитопланктон его правого притока — р. Улахан-Вава был беден в видовом и количественном отношении. Основу биомассы формировали зеленые (53 % всеобщей), диатомовые (35 %) и сине-зеленые (12 %) водоросли. Доминантами на участке являются *Monoraphidium contortum* (Thur.) Kom.-Legn., *Coenochloris korschikofii* Hind., *Tabellaria fenestrata* (Lyngb.) Kütz., *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehr., *Merismopedia punctata* Meyen. На отрезке реки от устья Улахан-Вавы до устья Лахарчаны количество и биомасса фитопланктона были низкими и составили соответственно 0,0026 кл/л и 0,0024 мг/л. Основной комплекс здесь представлен планктонными и бентосными видами диатомовых: *Aulacosira italica* (Kütz.) Simon., *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehr., *Tabellaria fenestrata*

(Lyngb.) Kütz. var. *intermedia* Grun., *Navicula radiosa* Kütz.) и хлорококковых водорослей: *Monoraphidium contortum* (Thur.) Kom.-Legn. В большом числе в мелководье побережья зафиксированы *Synedra tabulata* (Ag.) Kütz., *Crucigenia tetrapedia* (Kirchn.) W. et G. S. West, *Pediastrum tetras* (Ehr.) Ralfs.

На участке ниже устья р. Лахарчана видовое многообразие фитопланктона р. Вилюй обогащается за счет участия в составе ведущего комплекса *Tabellaria flocculosa* (Roth.) Kütz., *Navicula peregrina* (Ehr.) Kütz., *Gomphonema intricatum* Kütz. В обрастаниях интенсивно вегетировали *Zygnema ralfsii* (Hass.) De Bary, *Spirogyra decimina* (Müll.) Kütz., *Mougeotia parvula* Hass.

На участке ниже устья р. Чиркуо в пробах зарегистрировано до 78 таксонов водорослей. Основу комплекса доминантов составили диатомовые водоросли, из планктонных реофильных видов — *Aulacosira granulata* (Ehr.) Simon., *A. italica* (Kütz.) Simon., *Cyclotella kuetzingiana* Thw. Наравне с ними по биомассе выделялись протококковые и десмидиевые водоросли из родов *Ankistrodesmus*, *Pediastrum*, *Selenastrium*, *Cosmarium*. Основу биомассы фитопланктона этого участка формировали планктонные диатомовые водоросли, обогащающие альгофлору вниз по течению р. Вилюй [8].

Вилюйское водохранилище. В составе фитопланктона Вилюйского водохранилища определено 316 видов и разновидностей водорослей, включая: *Cyanophyta* — 66, *Dinophyta* — 6, *Chrysophyta* — 39, *Xanthophyta* — 15, *Bacillariophyta* — 121, *Euglenophyta* — 4, *Chlorophyta* — 65. Для флоры планктона Вилюйского водохранилища отмечено таксономическое разнообразие диатомей. По сравнению с альгофлорой верхнего Вилюя в искусственном водоеме возросла доля золотистых и желто-зеленых водорослей. Эвгленовые и динофитовые водоросли развивались ограниченно на отдельных мелководных участках. В систематическом отношении первые ранговые места занимают семейства *Naviculaceae*, *Fragilariaceae*, *Oscillatoriaceae*.

На начальном этапе заполнения водоема (1967—1971 гг.), в связи с понижением скоростей течения и уменьшением влияния притоков, в составе альгогруппировок увеличилась доля участия сине-зеленых и золотистых водорослей и уменьшился процент зеленых водорослей. По мере евтрофикации вод из сине-зеленых наиболее интенсивное развитие летом наблюдалось у вида *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs с численностью до $2,0 \cdot 10^8$ — $4,8 \cdot 10^8$ кл./л, что вызывало интенсивное «цветение» воды на отдельных участках и лимитировало развитие представителей других отделов водорослей, в том числе и диатомовых, которые на этом этапе по степени доминирования занимали второе место после зеленых. Наиболее интенсивно из них развивались *Aulacosira granulata* (Ehr.) Simon. и *Tabellaria fenestrata* (Lyngb.) Kütz. [9].

В период поэтапного подтопления территории ложа (1972—1975 гг.) наблюдались небольшие изменения в составе ведущего комплекса из отдела диатомовых. В летний период обилие фитопланктона возрастало за счет развития сине-зеленых, зеленых и золотистых водорослей. На речных участках интенсивно вегетировали *Aulacosira italica* (Kütz.) Simon., *Asterionella formosa* Hass., *Diatoma vulgare* Bory. На озеровидных плесах вызывали интенсивное «цветение» *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs и *Anabaena lemmermannii* P. Richt. Наиболее продуктивными по развитию фитопланктона в этот период были средние участки водохранилища — Кусарано-Белляхский, Дуранинский и устьевая зона Чонского разлива.

В период становления гидрохимического и гидробиологического режимов водохранилища, достигшего запланированного объема (1976—1980 гг.), наиболее разнообразным был планктон мелководных, прогреваемых участков озеровидных заливов. В пределах русловых и глубоководных зон по обилию преобладали диатомовые из родов *Melosira*, *Aulacoseira*, *Synedra*, *Fragilaria*, *Eunotia*, *Navicula*, *Gomphonema*. Из зеленых по развитию выделялись *Sphaerocystis* и *Dictyosphaerium*. В последую-

щие годы (1981—2010 гг.) наблюдалась относительная стабилизация гидробиологического режима водных масс водоема. Отмечено снижение роли сине-зеленых водорослей. В планктоне были разнообразно представлены золотистые водоросли из родов *Mallomonas* и *Dinobryon*. Увеличение разнообразия биотопов, образовавшихся в пределах многочисленных заливов, способствовало общему увеличению таксономического состава альгофлоры Вилюйского водохранилища за счет развития сине-зеленых, золотистых, вольвоксовых и хлорококковых водорослей.

Смена доминантных видов в Вилюйском водохранилище проходила поэтапно. В период заполнения водохранилища (численность до $4,8 \cdot 10^8$ кл/л, биомасса до 7800 мг/л) интенсивно развивались, вызывая «цветение» воды, сине-зеленые водоросли. После стабилизации уровня воды шло увеличение численности диатомовых и золотистых водорослей и снижение развития сине-зеленых. Численность фитопланктона колебалась в период наблюдений от $19,0 \cdot 10^3$ до $498,0 \cdot 10^3$ кл/л, биомасса — от 0,1100 мг/л до 1,38 мг/л.

Индекс сапробности варьирует в различные годы от 1,56 до 1,84, что соответствует олиго-β-мезосапробной зоне самоочищения, и по системе Сладечека вода классифицируется как слабозагрязненная.

Светлинское водохранилище. В составе фитопланктона выявлен 121 вид (133 внутривидовых таксона) из семи отделов. По числу видов преобладают диатомовые (47,9 % общего числа видов), им уступают зеленые (35,5 %). Сине-зеленых (8,3 %) и эвгленовых (3,3 %) меньше. Беден состав динофитовых (2,5 %) и золотистых (1,7 %). Из желто-зеленых встречен лишь один вид.

Видовой состав фитопланктона беден в слабо прогретой верхней зоне водохранилища и обогащается по направлению к приплотинному участку. Обогащение видового состава фитопланктона водохранилища происходит за счет водорослей, попадающих из хорошо прогреваемых мелководных притоков, а также за счет автохтонно разви-

вающегося планктона в наиболее прогретой нижней зоне водохранилища. Так, в двух пробах, взятых непосредственно ниже плотины Вилюйского водохранилища (в верхней зоне Светлинского водохранилища), было выявлено 25 и 26 таксонов водорослей. В пробе из устья р. Улахан Ботуобуя количество таксонов возрастает до 56, далее повышается по направлению к нижней зоне водохранилища и достигает 69 таксонов водорослей в одной из проб, отобранной по фарватеру.

Количественные показатели развития фитопланктона Светлинского водохранилища в целом невысокие — 4,8 тыс. кл/л и 0,0095 мг/л. Основу фитопланктона составляют диатомовые водоросли (79,1 % общей численности и 67,3 % общей биомассы фитопланктона), вклад зеленых меньше (20,3 % численности и 22,7 % биомассы), доля представителей других отделов незначительна.

В планктоне доминируют два вида диатомей, образующих длинные цепочковидные и лентовидные колонии. Это планктонно-бентосный *Diatoma hiemale* (Lyngb.) Heib. и случайно планктонный *Diatoma hiemale* (Lyngb.) Heib. var. *mesodon* (Ehr.) Grun. Оба этих вида индифферентны по отношению к скорости течения и являются холодолюбивыми видами.

В пробах, взятых непосредственно ниже плотин Вилюйской и Светлинской ГЭС, у водорослей не отмечено механических повреждений. В нижнем бьефе лентовидные и цепочковидные колонии *Diatoma hiemale* (Lyngb.) Heib. и *Diatoma hiemale* (Lyngb.) Heib. var. *mesodon* (Ehr.) Grun. остаются неповрежденными.

Индекс видового разнообразия варьирует по точкам отбора проб от 2,76 до 4,63. Минимальный индекс биоразнообразия отмечен в верхней зоне водохранилища. Его показатели повышаются в нижней зоне, главным образом в пробах, отобранных по фарватеру, а также в устье притоков. Индекс сапробности — 1,41, что соответствует олиго-β-мезосапробной зоне самоочищения, и по

системе Сладчека [6] вода классифицируется как слабозагрязненная.

Среднее течение р. Виллюй. В планктоне выявлен 291 вид водорослей (331 внутривидовой таксон) из 7 отделов. По видовому обилию на первое место входят зеленые водоросли (43,0 % общего числа видов). Диатомовые на втором месте (38,5 %). Разнообразно представлены сине-зеленые (9,3 %); эвгленовых (3,1 %), золотистых (2,7 %), желто-зеленых и динофитовых (по 1,7 %) — меньше. Количество видов в пробах, отобранных на этом участке реки, значительно выше, чем в Светлинском водохранилище, и варьирует от 69 до 124.

Уровень вегетации фитопланктона в среднем течении р. Виллюй значительно выше, чем в Светлинском водохранилище, — 40,0 тыс. кл/л, 0,1114 мг/л. По количественному развитию в планктоне среднего участка реки доминируют диатомеи, их доля в общей численности фитопланктона составляет 76,1 %, в биомассе — 79,3 %. Зеленые водоросли на втором месте (16,3 % численности, 19,7 % биомассы фитопланктона). По сравнению с вышерасположенным участком в составе численности фитопланктона возрастает роль сине-зеленых водорослей (7,5 %). Вклад водорослей других отделов в количественное развитие фитопланктона незначителен.

Набор структурообразующих видов фитопланктона среднего течения р. Виллюй меняется в сравнении со Светлинским водохранилищем, но это по-прежнему представители диатомей: *Asterionella gracillima* (Hantzsch) Heib. и *Diatoma elongatum* f. *actinastroides* (Krieg) Pr.-Lavr., образующие звездчатые колонии, а также *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehr. Доминанты на этом участке реки — планктонные и планктонно-бентосные формы, космополиты.

Индекс биоразнообразия в среднем течении реки меняется по пунктам отбора проб от 4,02 до 5,03. Индекс сапробности — 1,76, что соответствует о-β-мезосапробной зоне самоочищения, по системе Сладчека [6] вода классифицируется как слабозагрязненная.

Нижнее течение р. Виллюй. Видовое разнообразие фитопланктона сохраняет-

ся на уровне показателей, характерных для вышерасположенного участка, — 275 видов (309 внутривидовых таксона) из 7 отделов. В сложении таксономического разнообразия возрастает роль зеленых водорослей, составляющих до 51 % от общего числа видов. На втором месте по видовому богатству идут диатомовые водоросли (32,0 % всеобщего числа видов), их доля в фитопланктоне нижнего течения р. Виллюй заметно понижается. Разнообразно в пробах представлены сине-зеленые водоросли (5,8 %); небольшую долю составляли золотистые, эвгленовые (по 3,1 %), желто-зеленые (2,9 %) и динофитовые (1,5 %). Число видов в пробах, отобранных в низовье реки, варьирует от 93 до 148.

Показатели количественного развития фитопланктона нижнего течения р. Виллюй повышаются до 148,8 тыс. кл/л и по биомассе — до 0,1996 мг/л. Основу численности и биомассы составляют диатомовые (61,8 % от общей численности и 94,4 % от общей биомассы фитопланктона). Зеленые водоросли по количественному развитию стоят на втором месте (27,9 % всеобщей численности, 4,7 % всеобщей биомассы). Сине-зеленые водоросли составляют 9,3 % от общей численности планктонных водорослей. Доля участия водорослей других отделов в количественном становлении фитопланктона нижнего Виллюя незначительна.

Комплекс доминантов фитопланктона низовья р. Виллюй несколько меняется в сопоставлении со средним течением реки. В их число входят *Aulacosira distans* (Ehr.) Simon., *Monoraphidium irregulare* (G. M. Smith) Kom.-Legn., *Asterionella gracillima* (Hantzsch) Heib., *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehr.

Индекс биоразнообразия на этом участке Виллюя варьирует от 4,06 до 5,76. Индекс сапробности — 1,63, что соответствует о-β-мезосапробной зоне самоочищения, по системе Сладчека [6] вода характеризуется как слабозагрязненная.

Обсуждение результатов. Таксономическое разнообразие фитопланктона исследованных участков р. Виллюй сви-

детельствует об относительном богатстве его видового состава. Состав ведущих отделов, классов, семейств и родов характерен для северных водоемов. Видовое разнообразие состава сообществ планктона р. Виллой возрастает по направлению к устью реки, исключением является Виллойское водохранилище, где высокое видовое богатство обусловлено большим разнообразием биотопов.

Развитие эвгленовых водорослей вызвано поступлением в русло реки органических веществ и биогенных элементов [3, 4], а также их частичным заносом из стоячих пойменных водоемов.

Высокая позиция Desmidiaceae в спектре семейств фитопланктона р. Виллой, а также преимущество маловидовых семейств и родов отражают голарктические черты флор северного полушария [10].

Таксономическая структура сообществ планктонных водорослей р. Виллой неоднородна на разных участках реки. В фитопланктоне верхнего Виллой, Виллойского и Светлинского водохранилищ по числу видов господствуют диатомеи. В среднем и нижнем течении р. Виллой возрастает доля зеленых водорослей, которые выходят на первое место по видовому обилию.

Преобладание планктонных и планктонно-бентосных организмов в составе фитопланктона р. Виллой, по мнению ряда авторов [11, 12], является характерным для больших рек.

По уровню количественного развития водорослей, верхнее, среднее и нижнее течение р. Виллой и Светлинское водохранилище характеризуются как типичные олиготрофные северные водные экосистемы. Показатели чис-

ленности клеток водорослей планктона водоема по разным пунктам отбора проб варьировали в пределах $0,3—290,4 \cdot 10^3$ кл/л, значения биомассы — $0,0022—0,2428$ мг/л.

По численности клеток и биомассе в планктоне преобладают диатомовые водоросли. В Виллойском водохранилище неоднократно отмечено «цветение» воды, вызванное вспышкой развития синезеленых водорослей. Показатели количественного развития фитопланктона в искусственном водоеме намного выше (до $498,0 \cdot 10^3$ кл/л и $1,3800$ мг/л), чем на других участках Виллой.

На участке среднего и нижнего течения р. Виллой уровень количественного развития фитопланктона возрастает по направлению к устью реки, обогащаясь за счет приточной системы.

Низкий уровень развития численности и биомассы водорослей отмечен в планктоне Светлинского водохранилища, где формирование фитопланктона лимитируется низкой температурой воды, поступающей в его верхнюю зону. Термический режим Светлинского водохранилища формируется под влиянием поступления вод из расположенного выше, большего по объему и глубинам Виллойского водохранилища (его объем — $40,5$ км³, глубина до 70 м). Особенности температурного режима водохранилища обусловлено доминирование в составе его планктона холодолюбивых видов водорослей.

Согласно рассчитанным нами коэффициентам общности видового состава фитопланктона, наибольшую степень сходства имеют участки р. Виллой, со смежным территориальным расположением и сходными условиями обитания водорослей (табл. 2). Низкий коэф-

Таблица 2
Коэффициенты флористического сходства фитопланктона разных участков р. Виллой

	Верхнее течение	Виллойское водохранилище	Светлинское водохранилище	Среднее течение	Нижнее течение
Верхнее течение		0,35	0,29	0,31	0,27
Виллойское водохранилище			0,20	0,27	0,23
Светлинское водохранилище				0,46	0,43
Среднее течение					0,67
Нижнее течение					

фициент сходства флор планктона Светлинского водохранилища и того же участка р. Вилюй до постройки плотины (0,26) обусловлен сменой гидрологического режима.

В состав доминантов входят планктонные, планктонно-бентосные и бентосные представители диатомовых, зеленых и сине-зеленых водорослей. Доминанты фитопланктона р. Вилюй — это главным образом космополитные виды.

Индекс биоразнообразия фитопланктона р. Вилюй повышается по направлению к устью реки.

Выводы. Многолетние исследования альгофлоры водных экосистем бассейна р. Вилюй показали, что в результате регулирования стока реки и антропогенного евтрофирования вод в водохранилищах и на их подпорных участках произошли изменения флористического состава и обилия развития фитопланктона. В период наполнения водохранилища в пределах 20-километрового участка нижнего бьефа наблюдалось общее обеднение его таксономического разнообразия. На последующих этапах уровень качественного и количественного развития альгофлоры постепенно повышался. Общие показатели динамики развития фитопланктона Вилюйского водохранилища в течение вегетационного периода последних лет наблюдения свидетельствуют об относительной стабилизации экосистемы водоема, сформированной и функционирующей

в специфических высокоширотных условиях.

Результаты таксономического анализа отражают относительно широкое разнообразие и богатство фитопланктона р. Вилюй. Полученные результаты существенно расширяют представления о составе планктонных сообществ изученных водотоков.

На основе данных о химическом составе, по классификации О. П. Оксийук и др. [5], воды всех исследованных участков реки относительно уровня биомассы фитопланктона имеют разряд «предельно чистые» — «чистые», в акватории Вилюйского водохранилища — «чистые» — «удовлетворительной чистоты»; по индексу сапробности — «чистые» — «удовлетворительной чистоты». По системе Сладечека [6] воды классифицируются как слабозагрязненные.

Выявлено, что в Вилюйское водохранилище поступают относительно чистые воды притоков. Способность пелагиали водоема к самоочищению хорошая. В зоне литорали водохранилища идет увеличение органического загрязнения, что является следствием антропогенного влияния (стоянка судов вблизи плотины, разложение значительного количества полузатопленного леса во всей прибрежной зоне) и замедленности абиотических и биотических процессов, связанных с укороченностью вегетационного периода живых организмов, участвующих в процессах самоочищения водоема.

Библиографический список

1. Васильева И. И., Ремигайло П. А. Водоросли Вилюйского водохранилища ЯФ СО АН СССР. — Якутск: Из-во ЯФ СО АН СССР, 1982. — 115 с.
2. Кириллов Ф. Н., Кириллов А. Ф., Лабутина Т. М. Биология Вилюйского водохранилища. — Новосибирск: Наука, 1979. — 272 с.
3. Габышев В. А., Габышева О. И. Особенности развития фитопланктона и физико-химических свойств воды среднего и нижнего Вилюя и Светлинского водохранилища // Проблемы региональной экологии. — 2011. — № 3. — С. 45—54.
4. Чистяков Г. Е. Водные ресурсы рек Якутии. — М.: Наука, 1964. — 255 с.
5. Оксийук О. П., Жукинский В. Н., Брагинский Л. П. и др. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиологический журнал. — 1993. — Т. 29, № 4. — С. 62—76.
6. Сладечек В. Общая биологическая схема качества воды. Санитарная и техническая гидробиология: материалы I съезда ВГБО. — М.: Наука, 1967. — С. 26—31.
7. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. — Л.: Наука, 1981. — 32 с.

8. Ремигайло П. А., Соколова Л. С. Состав и распределение фитопланктона в верхнем течении реки Вилюй // Ботанические исследования в криолитозоне. — Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 1992. — С. 22—29.
9. Ремигайло П. А. О «цветении» воды Вилюйского водохранилища // БНТИ. — Якутск: Изд-во ЯФ СО АН СССР, 1976, июль. — С. 11.
10. Гецен М. В. Водоросли в экосистемах Крайнего Севера. — Л., 1985. — 165 с.
11. Науменко Ю. В. Фитопланктон реки Оби: автореф. дисс. ... докт. биол. наук. — Новосибирск, 1996. — 33 с.
12. Чайковская Т. С. Фитопланктон реки Енисей и Красноярского водохранилища // Биологические исследования Красноярского водохранилища. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1975. — С. 43—91.

УДК 599.322.2(470.2)

ЛЕТЯГА (*PTEROMYS VOLANS L.*) В ТАЕЖНЫХ ЛЕСАХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА

В. В. Белкин,

ведущий научный сотрудник Института биологии Карельского научного Центра РАН, danja@inbox.ru,

К. Ф. Тирронен,

научный сотрудник ИБ КарНЦ РАН, kostja.f@mail.ru,

Д. В. Панченко,

научный сотрудник ИБ КарНЦ РАН, danja@inbox.ru

Приводится обоснование, особенности проведения и первые результаты маршрутного учета относительной численности летяги по экскрементам с использованием квартальной сети лесоустройства. Новый метод может быть востребован при мониторинге вида на особо охраняемых природных территориях Европейского Севера.

The rationale and features of conducting and the first results of the route of accounting for the relative size of the pair on excrementa using quarterly network of forest inventory are given. The new method could be used in monitoring of the species in the specially protected natural territories of the European North.

Ключевые слова: летяга, учеты, мониторинг, биотопическое распределение, численность.

Keywords: flying squirrel, surveys, monitoring, биотопическое distribution, abundance.

Интенсивная трансформация таежных биоценозов в XIX—XX-ом столетиях была характерна для всего Европейского Севера. По значимости воздействия на биоценозы большинство исследователей выделяют разрушающую силу сплошных концентрированных рубок леса. Их масштабы огромны: только за последние 50 лет в наиболее крупных таежных регионах Европейской части России (Республики Карелия и Коми, Архангельская область) сплошные рубки леса были проведены на площади 15 млн. га [1]. Сведение лесов на больших площадях при концентрированных рубках сопровождается резким ухудшением условий существования стенобионтных видов — белки, летяги, куницы, глухаря и др. Снижается численность видов, фрагментируются и сокращаются территории их популяционных группировок, увеличивается вероятность исчезновения субпопуляций с изоляцией участков их местообитаний. Показательным примером может служить типично лесной обитатель — летяга, состояние популяции которой, прежде всего на периферии ареала, вызывает особое беспокойство.

В фауне России летяга представлена одним политипическим видом *Pteromys volans L.* с описанием 9 подвидов. Летяга — специализированный