

# ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ФИТОПЛАНКТОНА И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОДЫ СРЕДНЕГО И НИЖНЕГО ВИЛЮЯ И СВЕТЛИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

**В. А. Габышев,**

*с. н. с., Учреждение Российской академии наук, Институт биологических проблем криолитозоны  
Сибирского отделения РАН (УРАН ИБПК СО РАН), v.a.gabyshev@ibpc.ysn.ru,*

**О. И. Габышева,**

*м. н. с., ИБПК СО РАН, oi\_gabysheva@mail.ru*

Впервые для среднего и нижнего течения р. Вилюй — крупной реки, протекающей в Западной Якутии, а также Светлинского водохранилища, получены комплексные данные о структуре фитопланктона и физико-химических параметрах вод. Выявлены особенности развития фитопланктона и формирования гидрохимического режима вод. Проведена комплексная оценка качества вод по физико-химическим параметрам и биоиндикационным свойствам фитопланктона.

First for the middle and lower reaches of the Vilyui, a large river flowing in western Yakutia, including Svetlinskoye water reservoir, comprehensive data on the structure of phytoplankton and physicochemical parameters of their waters were obtained. Features of phytoplankton growth and formation of hydrochemical regimen of waters were understood. An integrated assessment of the water quality according to physicochemical parameters and bioindicative properties of phytoplankton was made.

**Ключевые слова:** река Вилюй, Светлинское водохранилище, фитопланктон, физико-химические параметры воды, качество воды.

**Keywords:** Vilyui River, Svetlinskoye water reservoir, phytoplankton, physical-chemical properties of water, water quality.

Река Вилюй — самый крупный левый приток р. Лены. Длина реки 2650 км, площадь бассейна 454 тыс. км<sup>2</sup> [1]. На формирование экологической ситуации в регионе влияет ряд факторов. В бассейне реки с середины прошлого века проводится добыча полезных ископаемых (алмазы, нефть, газ). Сток р. Вилюй зарегулирован, на реке построен каскад из двух водохранилищ — Вилюйского и Светлинского. В бассейне реки в период 1974—1987 гг. была произведена серия мирных подземных ядерных взрывов, часть из которых признана впоследствии аварийными. В результате двух из них — «Кристалл» и «Кратон-3» — произошло загрязнение окружающей среды продуктами ядерного деления. Над территорией бассейна р. Вилюй в штатном режиме сбрасывались первые ступени ракет, запускаемых из космодрома «Свободный» с невыработанным токсичным топливом (гептил). Бассейн р. Вилюй густо заселен, проложена сеть автодорог, интенсивно развито судоходство. Очистные сооружения в населенных пунктах, расположенных по берегам реки, отсутствуют.

Водные экосистемы р. Вилюй изучены неравномерно. Водорослям и гидрохимии Вилюйского водохранилища и верхнего течения Вилюя посвящен ряд публикаций, в том числе монографии [2, 3]. Однако данные о гидрохимии и водорослях большого по протяженности участка р. Вилюй (среднее и нижнее течение), а также Светлинского водохранилища отсутствуют. Этим обусловлена необходимость получить сведения о химическом составе воды и о фитопланктоне данного участка реки, как эффективном биоиндикаторе для возможности оценки и контроля экологической ситуации в бассейне р. Вилюй.

**Цель работы:** изучение особенностей физико-химических параметров вод, таксономического и эколого-географического состава и количествен-

ного развития фитопланктона р. Виллой и Светлинского водохранилища, оценка качества вод по гидрохимическим параметрам и биоиндикационным свойствам водорослей планктона.

Материалом для исследования послужили пробы, собранные на реке Виллой и Светлинском водохранилище в июне 2010 г. На основе особенностей гидрологического режима и гидрографических характеристик исследованную часть реки, протяженностью 1307 км, мы условно разделили на три участка: Светлинское водохранилище, среднее и нижнее течение р. Виллой.

Светлинское водохранилище второе в виллойском 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 км<sup>3</sup>. Водохранилище было образовано перекрытием русла р. Виллой в 1986 г. В верхней зоне водохранилища в пределах 20—30 км ниже плотины Виллойской ГЭС скорость течения составляет 0,8—1,5 м/с, далее течение практически отсутствует. Прозрачность воды по диску Секки составляет 1,7—2,4 м. Температура воды, согласно собственным измерениям, колебалась от 4,0 °С в верхней зоне до 8,2 °С в нижней зоне (перед плотинной Светлинской ГЭС) и до 14,6 °С в устье р. Улахан Ботубуя.

Средний участок р. Виллой длиной 653 км — от плотины Светлинской ГЭС до устья р. Марха. Скорость течения на этом участке реки 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. Прозрачность воды р. Виллой на этом участке 1,3—2,3 м. Средняя температура воды по данным собственных наблюдений — 13,1 °С.

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; а ниже пос. Верхневиллойск — грунты песчаные. Прозрач-

ность воды и скорость течения сохраняются примерно на том же уровне, что и на предыдущем участке реки, соответственно — 1,1—1,8 м и 0,9—1,5 м/с. Температура воды в среднем для участка — 15,3 °С.

Всего собрано и обработано 70 проб фитопланктона и 27 проб воды для гидрохимического анализа. Химический анализ проб воды выполнен по общепринятым методикам [4]. Для оценки качества вод использованы единые критерии [5, 6], применены нормативы ПДК рыбохозяйственного назначения [7]. При сборе, обработке и анализе материала фитопланктона применены унифицированные методы [8].

### Результаты исследования

*Гидрохимия.* Воды р. Виллой и Светлинского водохранилища не имеют вкуса и запаха, обладают высокой степенью прозрачности и высокими показателями цветности (табл. 1). Для исследованного участка реки характерен благоприятный кислородный режим, случаев дефицита данного элемента не зафиксировано. Концентрация диоксида углерода невысокая и варьирует в относительно узких пределах. Реакция среды нейтральная. На всем протяжении исследованного участка реки содержание взвешенных веществ низкое.

По компонентному составу главных ионов воды р. Виллой и Светлинского водохранилища гидрокарбонатного класса, кальциевой группы, II—III типа, пресные, маломинерализованные, очень мягкие (табл. 1). Соотношение компонентов солевого состава меняется по пунктам наблюдений в относительно узких пределах. Преобладающими компонентами солевого состава являются гидрокарбонаты (22—35 %-экв.), ионы кальция (22—34 %-экв.), магния (17—23 %-экв.) и сульфат-ионы (17—22 %-экв.). Превышений ПДК по компонентному составу главных ионов не обнаружено.

Для вод р. Виллой и Светлинского водохранилища характерна невысокая концентрация азота нитритного, азота нитратного, кремния, а также фосфора минерального и общего. Следует отметить, что в р. Виллой и Светлинском водохранилище зафиксировано высо-

кое содержание азота аммонийного (2—5 ПДК). Также отмечается высокое содержание органических веществ по показателям ХПК, БПК<sub>5</sub> и перманганатной окисляемости (табл. 1). Во всех пунктах наблюдений обнаружена высокая концентрация железа общего, нефтепродуктов и АПАВ (табл. 1).

**Фитопланктон.** В результате собственных наблюдений в планктоне р. Вилюй (включая Светлинское водохранилище) удалось выявить 383 вида водо-

рослей (449 таксонов рангом ниже рода, включая номенклатурный тип вида) из 7 отделов, 12 классов, 21 порядка, 53 семейств, 113 родов (табл. 2).

По видовому богатству преобладают представители отдела зеленых водорослей (47,3 % от общего числа видов). На втором месте по числу видов диатомовые (33,9 %). Разнообразно представлены синезеленые водоросли (8,1 %). Эвгленовых (3,7 %), золотистых (3,1 %), желтозеленых (2,6 %) и динофитовых

Таблица 1

Содержание химических компонентов  
в водах р. Вилюй и Светлинского водохранилища

Химические компоненты	Светлинское водохранилище	р. Вилюй	
		Среднее течение	Нижнее течение
<b>1. Физические показатели</b>			
Запах (баллы)	0	0	0
Вкус (баллы)	0	0	0
Прозрачность (м)	1,70—2,50	0,90—2,25	1,20—2,25
Взвешенные вещества (мг/л)	14,00—14,20	14,00—14,80	14,40—14,80
Цветность (град.)	40—72	42—80	37—55
<b>2. Показатели солевого состава</b>			
Минерализация (мг/л)	78,91—85,31	82,61—156,82	76,83—166,21
Жесткость (мг-экв)	0,94—1,18	0,94—1,94	1,24—2,08
Кальций (мг/л)	8,42—14,83	10,82—22,85	7,62—26,05
Магний (мг/л)	3,40—7,05	4,62—9,72	5,59—8,51
Натрий (мг/л)	3,00—5,00	3,00—6,00	2,00—6,00
Калий (мг/л)	0,05—0,50	0,05—1,00	0,50
Гидрокарбонаты (мг/л)	25,63—46,38	28,68—82,99	20,75—85,43
Хлориды (мг/л)	4,25—6,03	3,19—8,86	2,84—9,93
Сульфаты (мг/л)	14,89—27,38	9,13—48,51	16,33—32,66
<b>3. Химические показатели</b>			
Водородный показатель	6,95—7,16	7,15—7,72	7,64—7,87
Растворенный кислород (мг/л)	8,74—13,60	8,38—12,48	8,48—8,88
Насыщенность кислородом (% нас)	87—106	88—104	88—90
Диоксид углерода (мг/л)	5,06—6,16	5,06—7,92	5,50—7,04
БПК <sub>5</sub> (мг/л)	1,94—4,94	0,41—2,00	0,61—1,14
ХПК (мг/л)	44,50—58,40	55,80—75,40	43,50—63,40
ПО (мг/л)	15,26—18,72	16,13—22,32	15,84—18,72
БПК <sub>5</sub> / ПО	11—26	4—9	3—7
Азот аммонийный (мг/л)	0,60—1,18	0,90—1,88	0,82—1,18
Азот нитридный (мг/л)	0,005—0,008	0,005—0,010	0,005—0,013
Азот нитратный (мг/л)	0,16—0,18	0,15—0,23	0,10—0,39
Фосфор минеральный (мг/л)	0,005—0,01	0,01—0,02	0,01—0,04
Фосфор общий (мг/л)	0,04—0,05	0,04—0,15	0,05—0,20
Кремний (мг/л)	2,00—2,50	2,10—3,40	1,30—2,20
<b>4. Показатели токсического загрязнения</b>			
Железо общее (мг/л)	0,16—0,33	0,16—0,48	0,16—0,48
Нефтепродукты (мг/л)	0,06—0,07	0,02—0,07	0,02—0,11
Фенолы (мг/л)	0,0005—0,0007	0,0004—0,0005	0,0003—0,0004
АПАВ (мг/л)	0,13—0,16	0,15—0,18	0,16—0,18

Примечания: 1) жирным шрифтом выделены значения, превышающие ПДК<sub>вр</sub>; 2) в таблице приняты следующие сокращения: (ХПК) — химическое потребление кислорода, (БПК<sub>5</sub>) — биохимическое потребление кислорода, (ПО) — перманганатная окисляемость, (АПАВ) — анионактивные поверхностные вещества.

(1,3 %) — меньше. Основу выявленного сводного списка на 81,2 % составляют диатомовые и зеленые водоросли. Показатель отношения флоры синезеленых к зеленым водорослям фитопланктона р. Вилюй высокий и составляет 1:5,8.

На уровне классов выделяется Penatophyceae (31,3 % видового состава), Conjugatophyceae (26,9 %) и Chlorophyceae (20,4 %); на уровне порядков — Desmidiaceae (26,4 %), Raphales (25,3 %) и Chlorococcales (18,3 %).

Наиболее крупные по числу видов 8 семейств включают 207 видов водорослей (54,1 % от общего числа видов), которые принадлежат к отделам зеленых, диатомовых и эвгленовых: Desmidiaceae (19,3 % видового состава), Closteriaceae (7,0 %), Scenedesmaceae (6,8 %), Naviculaceae (6,3 %), Fragilariaceae (4,2 %), Nitzschiaceae (3,7 %), Cymbellaceae и Euglenaceae (по 3,4 %). Одно- и двувидовых семейств в планктоне р. Вилюй — 18, т. е. более трети от их общего количества.

Анализ родового спектра водорослей планктона р. Вилюй указывает на неравномерность распределения видов по родам. Так, 10 ведущих родов, составляющих 8,9 % всего родового состава, охватывают 39,5 % общего числа видов. Это представители отделов диатомовых и зеленых: Closterium (7,0 % видового состава), Cosmarium (6,0 %), Scenedesmus (5,0 %), Staurostrum (4,4 %), Eunotia, Nitzschia и Cymbella (по 3,1 %), Staurodesmus, Pinnularia и Synedra (по 2,6 %). Одно- и двувидовыми являются 67,3 % всех родов водорослей планкто-

на реки, причем на их долю приходится 25,6 % видового состава. Пропорции флоры 1:2,1:7,2:8,5. Родовая насыщенность 3,4. Вариабельность вида 1,2.

Среди обнаруженных в планктоне реки водорослей, 63 таксона являются новыми для флоры Якутии (табл. 2), и что наиболее интересно, в планктоне Вилюя обнаружено два новых для альгофлоры Якутии рода из золотистых и желтозеленых водорослей, соответственно: Stelexomonas и Istmochloron.

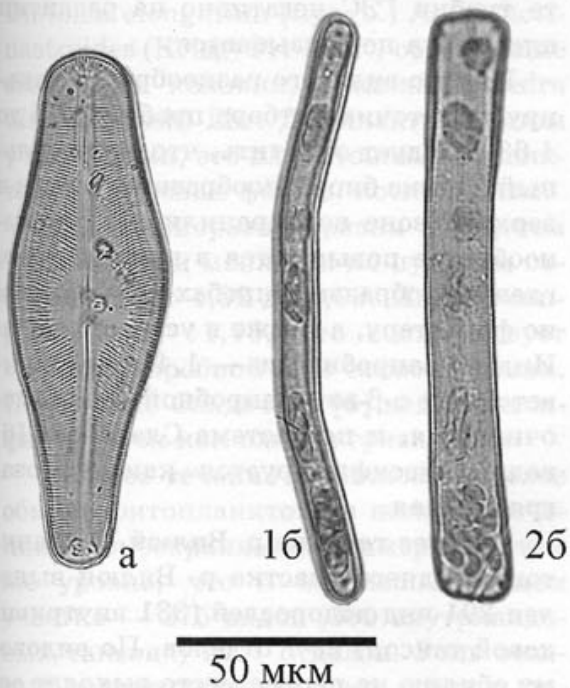
В планктоне Вилюя отмечены водоросли, которые не удалось идентифицировать до вида: Didymosphenia sp. и Eunotia sp. (рисунок). В результате дальнейших исследований предстоит выяснить, являются ли они экоформами известных видов, обособленными новыми для науки видами, или отклонением от нормального развития под воздействием внешних факторов среды.

В фитопланктоне р. Вилюй преобладают водоросли смешанного планктонно-бентосного типа местообитаний и истинно-планктонные формы (48,1 % видового состава), бентосных и эпибионтов (26,7 %) — меньше.

Скорость течения р. Вилюй относительно невелика и реофилов в фитопланктоне немного (1,6 %). Среди них лишь один широко распространенный в планктоне реки вид: Meridion circulare Ag. Водоросли, предпочитающие непроточные воды, составляют 10,7 %, из них в р. Вилюй широко распространены Epithemia turgida (Ehr.) Kütz., Surirella tenera Greg. и Pandorina morum (Mill.) Vory. Анализ видового состава фито-

Таблица 2  
Систематический состав фитопланктона р. Вилюй и Светлинского водохранилища

Отдел	Число							% от общего числа видов (383)
	классов	порядков	семейств	родов	видов	видов и разновидностей	новых видов и разновидностей для флоры Якутии	
Cyanophyta	3	4	11	13	31	34	3	8,1
Dinophyta	1	1	1	3	5	8	1	1,3
Chrysophyta	1	2	3	6	12	14	1	3,1
Xanthophyta	2	2	3	5	10	10	1	2,6
Bacillariophyta	2	5	17	33	130	157	17	33,9
Euglenophyta	1	1	2	4	14	16	1	3,7
Chlorophyta	2	6	16	49	181	210	39	47,3
Всего	12	21	53	113	383	449	63	100,0



Микрофотографии водорослей  
планктона р. Вилюй,  
идентифицированных до рода:  
а) *Didymosphenia* sp.; б) *Eunotia* sp.  
(16 — вид со створки; 26 — вид с пояска).

планктона р. Вилюй по отношению к скорости течения свидетельствует о преобладании индифферентов (26,7 % от общего числа таксонов): *Melosira varians* Ag., *Aulacosira granulata* (Ehr.) Simon., *Synedra acus* Kütz., *Tabellaria fenestrata* (Lyngb.) Kütz., *Cymbella silesiaca* Bleisch, *Amphora ovalis* Kütz., *Entomoneis ornata* (Bailey) Reimer, *Pandorina charkoviensis* Korsch., *Closterium leibleinii* Kütz., *C. moniliferum* (Bory) Ehr.

Воды р. Вилюй маломинерализованные, что обуславливает преобладание в фитопланктоне олигогалобов (55,9 %). Реакция вод нейтральная, поэтому значительна доля индифферентов (19,2 %); алкалофилов и алкалобионтов (13,6 %), а также ацидофилов (7,8 %) — меньше; ацидобионты отсутствуют.

По географической принадлежности основу фитопланктона р. Вилюй составляют космополиты (53,0 %). Наибольший интерес в связи с особенностями природных условий реки представляют альпийские и арктоальпийские организмы, их доля в планктоне Вилюя составляет 4,5 %. Среди них есть два широко распространенных в р. Ви-

люй вида: *Tabellaria flocculosa* (Roth.) Kütz. и *Didymosphenia geminata* (Lyngb.) M. Schmidt.

Бореальных и циркумбореальных видов меньше (6,7 %), среди них лишь один широко распространенный в реке вид — *Aulacosira distans* (Ehr.) Simon.

Доля представителей голарктического географического царства — 6,2 %, среди них широко распространенные в Вилюе планктонные виды: *Pandorina charkoviensis* и *Closterium peracerosum* Gay.

Суровые природные условия объясняют присутствие стенотермных холодолюбивых диатомей, найденных в планктоне р. Вилюй: *Aulacosira distans*, *A. islandica* (O. Müll.) Simon., *A. italica* (Kütz.) Simon., *Fragilaria virescens* var. *inaequidentata* Lagerst., *Diatoma hiemale* (Lyngb.) Heib., *D. hiemale* var. *mesodon* (Ehr.) Grun., *Tetracyclus emarginatus* (Ehr.) W. Sm., *Eunotia praerupta* Ehr., *E. praerupta* var. *bidens* (W. Sm.) Grun. и *Gomphonema ventricosum* Greg.

Среди выявленных в планктоне реки водорослей, 267 видов и разновидностей являются водорослями-показателями сапробности, что составляет 59,5 % от общего числа таксонов. По отношению к концентрации органических веществ в водной толще, состав водорослей-индикаторов реки Вилюй на 22,1 % образован  $\beta$ -мезосапробными формами, 17,2 % — олигосапробных форм, 31,5 % — видов, развивающихся в переходной зоне между  $\beta$ -мезо- и олигосапробной. Водорослей, характеризующих воды с высокими показателями сапробности, — 10,1 %, с низкими — 19,1 %. 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- $\beta$ -мезосапробной зоне самоочищения).

**Светлинское водохранилище.** В составе фитопланктона Светлинского водохранилища выявлен 121 вид (133 внутривидовых таксона) из семи отделов. По числу видов преобладают диатомовые (47,9 % общего числа видов), им уступают зеленые (35,5 %). Синезеленых (8,3 %) и эвгленовых (3,3 %) меньше. Беден состав динофитовых (2,5 %)

и золотистых (1,7 %). Из желтозеленых встречен лишь один вид.

Следует отметить, что видовой состав фитопланктона был беден в слабо прогретой верхней зоне водохранилища и обогащался по направлению к нижней зоне. Обогащение видového состава фитопланктона водохранилища происходит за счет водорослей, попадающих из хорошо прогреваемых мелководных притоков, а также за счет автохтонно развивающегося планктона в лучше 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 период наших наблюдений отмечены низкие — 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, образующие длинные цепочковидные и лентовидные колонии. Это планктонно-бентосный *Diatoma hiemale* и случайно планктонный *Diatoma hiemale* var. *mesodon*. Оба этих вида индифферентны по отношению к скорости течения, что согласуется с особенностями гидрологических условий водохранилища. Кроме того, оба доминанта являются холодолюбивыми видами.

Следует также отметить, что в пробах, взятых непосредственно ниже плотин Вилюйской и Светлинской ГЭС, у водорослей не отмечено механических повреждений. Более того, длинные лентовидные и цепочковидные колонии *Diatoma hiemale* и *Diatoma hiemale* var. *mesodon* остаются ниже плотины неповрежденными. Таким образом, рабо-

та турбин ГЭС негативно на развитии планктона не сказывается.

Индекс видového разнообразия варьирует по точкам отбора проб от 2,76 до 4,63. Следует отметить, что минимальный индекс биоразнообразия отмечен в верхней зоне водохранилища. Биоразнообразие повышается в нижней зоне, главным образом в пробах, отобранных по фарватеру, а также в устье притока. Индекс сапробности — 1,41, что соответствует  $\alpha$ - $\beta$ -мезосапробной зоне самоочищения, и по системе Сладечека [6] вода классифицируется как слабозагрязненная.

**Среднее течение р. Вилюй.** В планктоне среднего участка р. Вилюй выявлен 291 вид водорослей (331 внутривидовой таксон) из 7 отделов. По видовому обилию на первое место выходят зеленые водоросли (43,0 % общего числа видов). Диатомовые на втором месте (38,5 %). Разнообразно представлены синезеленые (9,3 %); эвгленовых (3,1 %), золотистых (2,7 %), желтозеленых и динофитовых (по 1,7 %) меньше. Следует отметить, что 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. Вилюй значительно выше, чем в Светлинском водохранилище и составляет 40,0 тыс. кл/л, 0,1114 мг/л. По количественному развитию в планктоне среднего участка реки по-прежнему 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). Роль синезеленых водорослей в составе численности фитопланктона возрастает в сравнении с вышележащим участком (7,5 %). Вклад водорослей других отделов в количественном развитии фитопланктона незначителен.

Набор структурообразующих видов фитопланктона среднего течения р. Вилюй меняется в сравнении со Светлинским водохранилищем, но это по-прежнему представители диатомей: *Asterionella gracillima* (Hantzsch) Heib. и

*Diatoma elongatum* (Lyngb.) Ag. f. *actinastroides* (Krieg) Pr.-Lavr., образующие звездчатые колонии, а также *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehr. Доминанты на этом участке реки, это 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  $\alpha$ - $\beta$ -мезосапробной зоне самоочищения. По системе Сладечека [6] вода классифицируется как слабозагрязненная.

**Нижнее течение р. Виллюй.** Видовое обилие фитопланктона в нижнем течении реки сохраняется примерно на том же уровне, что и на вышерележащем участке — 275 видов (309 внутривидовых таксона) из 7 отделов. Роль зеленых водорослей в видовом составе фитопланктона на данном участке реки еще более возрастает (51,3 % общего числа видов). Диатомовые водоросли на втором месте по видовому богатству (32,0 % общего числа видов), но их доля в фитопланктоне нижнего течения р. Виллюй уменьшается в сравнении с вышерасположенными участками. Разнообразно представлены синезеленые водоросли (5,8 %); золотистых и эвгленовых (по 3,1 %), желтозеленых (2,9 %) и динофитовых (1,5 %) меньше. Число видов в пробах, отобранных в низовье реки больше, чем на вышерасположенных участках, и варьирует от 93 до 148.

Количественные показатели развития фитопланктона нижнего течения р. Виллюй еще более возрастают в сравнении с вышерасположенными участками реки — 148,8 тыс. кл/л, 0,1996 мг/л. Основу численности и биомассы фитопланктона по-прежнему составляют диатомовые (61,8 % общей численности и 94,4 % общей биомассы фитопланктона). Зеленые водоросли по количественному развитию на втором месте (27,9 % общей численности, 4,7 % общей биомассы). Синезеленые водоросли составляют 9,3 % общей численности планктонных водорослей. Вклад водорослей других отделов в количественном развитии фитопланктона нижнего Виллюя незначителен.

Комплекс доминантов фитопланктона низовья р. Виллюй несколько меняет-

ся в сравнении со средним течением реки. В их составе наряду с диатомовыми появляется представитель зеленых водорослей: *Aulacosira distans*, *Monoraphidium irregulare* (G. M. Smith) Kom.-Legn., *Asterionella gracillima*, *Synedra ulna*.

Индекс биоразнообразия в низовье р. Виллюй варьирует от 4,06 до 5,76. Индекс сапробности — 1,63, что соответствует  $\alpha$ - $\beta$ -мезосапробной зоне самоочищения. По системе Сладечека [6] вода классифицируется как слабозагрязненная.

**Обсуждение результатов.** По физическим параметрам и компонентам газового режима р. Виллюй (включая Светлинское водохранилище) характеризуется как «чистая — удовлетворительно чистая» 2—3 классов качества. По компонентному составу главных ионов — «предельно чистая» 1 класса качества. Низкие показатели минерализации и жесткости обусловлены влиянием вечномерзлых грунтов, ограничивающих дренаж почвы и вымывание минеральных солей. По содержанию азота нитритного, азота нитратного, кремния, а также фосфора минерального и общего р. Виллюй «чистая — удовлетворительно чистая» 2—3 классов качества. По наличию азота аммонийного р. Виллюй относится к 4 классу качества и воды характеризуются как «умеренно — сильно загрязненные». Насыщение вод азотом аммонийным происходит за счет смыва с прибрежных территорий и вероятно имеет антропогенный характер. По комплексу органических веществ воды «загрязненные» 4—5 класса качества. Повышенный индекс отношения БПК<sub>5</sub> к перманганатной окисляемости указывает на то, что воды Светлинского водохранилища испытывают слабое сапробное загрязнение, на остальных участках р. Виллюй высокая концентрация органических веществ обусловлена природными факторами.

По комплексу показателей токсического загрязнения воды р. Виллюй «слабо загрязненные» и относятся к 3 классу качества. Высокое содержание железа общего вызвано интенсивными процессами оттаивания и размы-

вания вечномёрзлых грунтов в летний период и имеет природный характер. Относительно высокая концентрация нефтепродуктов и АПАВ связана с поступлением данных компонентов с бытовыми отходами населенных пунктов, интенсивным судоходством и эксплуатацией наземного транспорта и имеет антропогенный характер.

Уровень видового разнообразия водорослей планктона р. Вилюй повышается по направлению к устью реки. Полученные сведения о фитопланктоне реки свидетельствуют о его значительном видовом разнообразии. Например, в планктоне рек севера Якутии — Яна, Анабар и Оленек выявлено соответственно 211, 221 и 240 видов водорослей [9, 10, 11]. В планктоне рек, протекающих на юге Якутии: Амга и Алдан, соответственно — 216 и 166 видов [12, 13]. Для фитопланктона средней Лены известно 456 видов [14], однако, это результат многолетних наблюдений, а не разовых сборов.

Река Вилюй единственная из крупных рек Восточной Сибири, протекающая не в меридиональном, а в широтном направлении. Борта бассейна Вилюя простираются от среднетаежной зоны на юге (правая часть бассейна) до заполярья и лесотундровой зоны на севере (левая часть бассейна). Согласно положениям концепции речного континуума планктон реки испытывает влияние притоков и водоемов бассейна [15]. Вероятно, разнообразие биотопов и типов водоемов бассейна реки способствует обогащению видового состава Вилюя, причем это происходит на всем протяжении реки.

Отмеченное для планктона р. Вилюй относительно высокое число видов эвгленовых, очевидно обусловлено повышенным содержанием органических веществ и биогенных элементов. Возможно, это связано также с заносом представителей эвгленовых из стоячих водоемов бассейна реки со слабокислой реакцией среды.

Высокая позиция *Desmidiaceae* в спектре семейств фитопланктона р. Вилюй, а также преобладание маловидовых семейств и родов отражает голарктические черты флор северного полушария [16].

Таксономическая структура сообществ планктонных водорослей р. Вилюй неоднородна на различных участках реки. В фитопланктоне Светлинского водохранилища по числу видов преобладают диатомеи. В среднем и особенно нижнем течении р. Вилюй увеличивается доля представителей зеленых водорослей, которые выходят на первое место по видовому обилию.

Преобладание планктонных и планктонно-бентосных организмов в составе фитопланктона р. Вилюй, по данным ряда авторов [17, 18], характерно для крупных рек.

По количественному развитию основу фитопланктона на всем протяжении реки составляют диатомовые водоросли с участием зеленых. Уровень количественного развития фитопланктона повышается по направлению к устью реки, это закономерно связано с тем, что фитопланктон р. Вилюй обогащается за счет приточной системы. Подобное явление отмечено и для других рек Якутии [10, 11], Сибири [17, 20] и Европы [19].

Наиболее низкий уровень численности и биомассы водорослей отмечен в планктоне Светлинского водохранилища. Развитие фитопланктона Светлинского водохранилища сдерживается из-за низкой температуры воды, особенно в его верхней зоне. Термический режим Светлинского водохранилища формируется под влиянием расположенного выше, более крупного и глубоководного Вилюйского водохранилища (его объем 40,5 км<sup>3</sup>, глубина до 70 м). Большая масса воды в Вилюйском водохранилище в начале лета прогревается медленно и, поступая в Светлинское водохранилище, обуславливает низкую температуру воды в его верхней зоне (4 °С). В мелководном Светлинском водохранилище вода прогревается лучше (до 8,2° в нижней зоне). Особенности температурного режима водохранилища обусловлено доминирование в планктоне холодолюбивых видов водорослей.

Согласно рассчитанным нами коэффициентам общности видового состава фитопланктона для разных участков реки высокую степень сходства имеют средний и нижний (0,67) участки р. Ви-



люй, что объясняется их смежным расположением и сходными условиями обитания водорослей. Низкий коэффициент флористического сходства фитопланктона Светлинского водохранилища и среднего (0,46), и нижнего (0,43) Вилюя связан с различием условий обитания.

В состав доминантов входят планктонные, планктонно-бентосные и бентосные диатомовые. В низовье реки среди доминантов кроме диатомовых появляется представитель зеленых водорослей. Доминанты фитопланктона р. Вилюй — это космополитные виды, а также один представитель бореальной флоры. Индекс биоразнообразия фитопланктона р. Вилюй повышается по направлению к устью реки.

**Выводы.** Для р. Вилюй (включая Светлинское водохранилище) характерно невысокое содержание большинства химических элементов. Относительно высокая концентрация отмечена для 8 компонентов: цветность, железо общее, азот аммонийный, ХПК, БПК<sub>5</sub>,

перманганатная окисляемость, нефтепродукты и АПАВ. Формирование химико-физических свойств воды р. Вилюй находится преимущественно под влиянием природных процессов со слабовыраженным антропогенным воздействием.

На основе классификации О. П. Окслюк и др. [5] воды всех исследованных участков реки имеют разряд «чистые—загрязненные» 1—5 класса качества. По системе Сладечека [6] вода классифицируется как слабозагрязненная.

Результаты анализа пространственной структуры таксономического состава и количественного развития фитопланктона р. Вилюй свидетельствуют о его неоднородности на различных участках реки. Это согласуется с положениями концепции речного континуума [15] и обусловлено закономерной сменой по направлению от истока к устью реки гидрологических, физико-химических факторов, действующих на фитопланктон.

#### Библиографический список

1. Чистяков Г. Е. Водные ресурсы рек Якутии. — М.: Наука, 1964. — 255 с.
2. Васильева И. И., Ремигаило П. А. Водоросли Вилюйского водохранилища ЯФ СО АН СССР. — Якутск, 1982. — 115 с.
3. Кириллов Ф. Н., Кириллов А. Ф., Лабутина Т. М. Биология Вилюйского водохранилища. — Новосибирск: Наука, 1979. — 272 с.
4. Семенов А. Д. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. — Л.: Гидрометеиздат, 1977. — 540 с.
5. Окслюк 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. Перечень ПДК и ОБУВ вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. — М.: Роскомрыболовство, 1995. — 141 с.
8. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. — Л.: Наука, 1981. — 32 с.
9. Комаренко Л. Е. Планктон бассейна реки Яны. — М.: Наука, 1968. — 151 с.
10. Gabyshev V. A., Gabysheva O. I. Water quality of the Anabar River indicated by phytoplankton structure and hydrochemical characteristics // Contemporary Problems of Ecology. — 2010. — V. 3, № 4. — P. 395—400, DOI: 10.1134/S1995425510040053.
11. Габышев В. А., Габышева О. И. К изучению фитопланктона и физико-химических параметров вод р. Оленек // Вестник СВНЦ ДВО РАН. — 2010. — № 3. — С. 51—55.
12. Ремигаило П. А., Габышев В. А., Габышева О. И., Климовский А. И. Фоновые сведения о планктоне и гидрохимии р. Амга // Проблемы региональной экологии. — 2010. — № 4. — С. 66—73.
13. Габышев В. А., Ремигаило П. А. Таксономический состав фитопланктона реки Алдан (Якутия) // Ботанический журнал. — 2009. — Т. 94, № 12. — С. 1771—1777.
14. Ремигаило П. А., Габышев В. А., Габышева О. И. Фитопланктон и химический состав воды средней Лены в зоне воздействия антропогенных факторов // Проблемы региональной экологии. — 2010. — № 2. — С. 137—141.

15. Vannote R. L., Minshall G. W., Cummins K. W., Sedell J. R., Cushing C. E. The river continuum concept // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. — 1980, V. 37, № 1. — P. 130—137.
16. Гецен М. В. Водоросли в экосистемах Крайнего Севера. — Л., 1985. — 165 с.
17. Науменко Ю. В. Фитопланктон реки Оби: Дис. ... докт. биол. наук. — Новосибирск, 1996. — 274 с.
18. Чайковская Т. С. Фитопланктон реки Енисей и Красноярского водохранилища // Биологические исследования Красноярского водохранилища. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1975. — С. 43—91.
19. Приймаченко А. Д. Фитопланктон и первичная продукция Днепра и днепровских водохранилищ. — Киев: Наукова думка. — 1981. — 278 с.
20. Приймаченко А. Д., Баженова О. П. Современное состояние фитопланктона Енисея и его изменения в результате антропогенного влияния // Водные ресурсы. — 1990. — № 3. — С. 104—113.

УДК 504.4.054(470.324)

## ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ОАО «МИНУДОБРЕНИЯ»

**И. И. Косинова,**

*д. г.-м. н., профессор, зав. кафедрой экологической геологии, kosinova777@yandex.ru;*

**Д. А. Белозеров,**

*аспирант кафедры экологической геологии, belozerovdenis@yandex.ru*

Химическая промышленность является одной из самых опасных и вредных отраслей. В районе г. Россось функционирует крупнейший производитель минеральных удобрений ОАО «Минудобрения», который служит основным источником загрязнения гидросферы в данном районе соединениями азота —  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3$ . Для анализа и предотвращения деградации подземных вод изучена динамика их загрязнения за 15-летний период и даны рекомендации, направленные на экологизацию производства химических удобрений.

Chemical industry are one of most dangerous and hazardous branches. In the area of Rossosh operates the largest producer of mineral fertilizers JSC «Minudobreniya» which is the main source of pollution of the hydrosphere in the area by nitrogen compounds —  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3$ . For the analyze and prevent degradation of groundwater contamination were studied the dynamics of their 15-year period and makes recommendations aimed at greening the production of chemical fertilizers.

**Ключевые слова:** трансформация, гидросфера, ОАО «Минудобрения», нитраты, аммонийный азот, СПЗ, загрязнение.

**Keywords:** transformation, hydrosphere, JSC «Minudobreniya», nitrates, ammonia nitrogen, TIP, pollution.

Подземные воды являются полезным ископаемым, добыча которого обеспечивает хозяйственно-питьевое и производственно-техническое водоснабжение, санаторно-курортное лечение, извлечение ценных компонентов и использование его как теплоэнергетического сырья. Результат нехватки качественных питьевых ресурсов выражается в необходимости граждан покупать питьевую воду. Поэтому большое значение имеет предотвращение загрязнения, мониторинг состояния и контроль качества подземных вод. Существенным моментом является сравнение и анализ динамики загрязнения водоносных комплексов, что позволяет проследить сложившуюся ситуацию, оценить состояние водных ресурсов и произвести определенные защитные мероприятия и т. д. [1].

В связи с вышеперечисленными аспектами, весьма актуальной темой является анализ трансформации гидросферы в зоне влияния предприятий химической промышленности, среди которых одним из крупнейших является ОАО «Минудобрения». Оно функционирует на территории Россосанского района более 30 лет. Город Россось, население которого составляет 62,1 тыс. человек (2008 г.), расположен на левом берегу реки