



УДК (574.583+556.114)(282.256.82)

## Пространственная структура и среда обитания фитопланктона реки Алдан

В. А. Габышев, П. А. Ремигайло, О. И. Габышева

*Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск*  
E-mail: [v.a.gabyshev@ibpc.ysn.ru](mailto:v.a.gabyshev@ibpc.ysn.ru)

**Аннотация.** Впервые для Алдана – крупной реки Восточной Сибири, получены подробные сведения о развитии фитопланктона и физико-химическом составе воды. Существенно пополнены имевшиеся ранее знания о таксономическом составе планктонных водорослей северной реки. Выявлены основные особенности таксономического состава, пространственной структуры и количественного развития фитопланктона Алдана. Проведена комплексная оценка качества вод реки по биоиндикационным свойствам водорослей планктона и гидрохимическим параметрам. Полученные данные о структуре фитопланктона и физико-химических параметрах вод р. Алдан являются фоновыми и послужат основой биомониторинга речной экосистемы.

**Ключевые слова:** река Алдан, фитопланктон, физико-химические параметры воды, фоновые данные, качество воды.

### *Введение*

Река Алдан – самый крупный приток р. Лены, по длине и площади водосбора входящая в число 15 крупнейших рек Азиатского субконтинента. Длина реки 2 273 км, площадь водосбора – 729 тыс. км<sup>2</sup> [20]. В регионе реализуется крупный проект по созданию Южно-Якутского промышленного района, в состав которого войдут производства нефтехимической переработки. Для обеспечения энергетических потребностей развивающейся промышленности, на р. Алдан и её притоках планируется создание каскада ГЭС. Масштабная хозяйственная деятельность может вызвать риск ухудшения экологической обстановки. Сведения об экосистеме реки, имеющиеся на сегодняшний день, недостаточны, этим обусловлена необходимость получить более полные данные, которые в будущем послужат основой биомониторинга.

Данные о гидрохимии р. Алдан имеются лишь в разрозненном виде, публикации, посвященные изучению физико-химических параметров вод реки, отсутствуют.

Первые сведения о фитопланктоне р. Алдан приводятся в публикации Л. Е. Комаренко [8]. Работа посвящена изучению таксономического состава планктонных водорослей нижнего Алдана, и основана на альгологическом материале из района устья р. Май, полученном в августе –

сентябре 1950 г. В статье П. А. Ремигайло и В. А. Габышева [16] на основе материалов сборов июля – августа 2000 г. обсуждаются особенности качественного и количественного развития фитопланктона верховьев Алдана. Список работ о водорослях Алдана включает публикация о таксономическом составе планктонных водорослей реки [6], в которой обобщены прежние данные и использованы фоновые материалы, собранные в июле 1987 г. на 500-километровом участке нижнего течения реки от с. Джебарики-Хая до устья.

Целью работы стало изучение особенностей таксономического и эколого-географического состава и количественного развития фитопланктона и гидрохимии вод р. Алдан, оценка качества вод реки по биоиндикационным свойствам водорослей планктона и гидрохимическим параметрам.

### *Материалы и методы*

Исследование основано на сборах, выполненных в июле – августе 2000 г. (фитопланктон верхнего течения) и июле – августе 2007 г. (фитопланктон и гидрохимия среднего и нижнего течения) на участке Алдана протяженностью 1 944 км, от впадения р. Унгра до устья.

Согласно особенностям гидрологии и гидрографическим характеристикам, исследованная часть реки условно разделена на три участка: верхний, средний и нижний.

*Верхний участок* – от устья р. Унгра до пос. Томмот длиной 340 км. Русло Алдана здесь устойчивое, острова редки. Берега и дно крупногалечные. От устья р. Тускамыр до устья р. Иньяли (190 км) Алдан течёт «в трубе» с каменистым ложем. Скорость течения, согласно результатам собственных наблюдений достигает 0,7–0,8 м/с. Средняя для участка температура воды во время отбора проб составляла 20,6 °С.

*Средний участок* – от пос. Томмот до устья р. Май длиной 753 км. Скорость течения меняется в пределах 0,6–1,5 м/с. До устья р. Учур река протекает среди Алданского нагорья. Берега здесь высокие и крутые, русло узкое, часты каменистые перекаты. После устья Учюра долина реки расширяется, русло разбивается частыми островами. По правому борту долины продолжается Алданское нагорье, левый борт выходит на равнину алдано-амгинского междуречья. Прозрачность воды на этом участке составляет 0,7 м. Средняя температура воды по данным собственных наблюдений – 16,4 °С.

*Нижний участок* – от устья р. Май до впадения Алдана в Лену длиной 851 км. Река сохраняет здесь особенность, проявившуюся на предыдущем участке – правая часть бассейна горная, здесь расположены хребты Сетте-Дабан и Верхоянский. Левая часть представляет собой обширную низину, сложенную рыхлыми глинистыми песками. Прозрачность воды сохраняется на уровне 0,7–0,9 м. Скорость течения меняется от 0,4 м/с на плесах до 3,6 м/с на перекатах. Температура воды в среднем для участка составляет 18,6 °С.

Всего собраны и обработаны 94 планктонные альгологические пробы и 34 пробы воды для гидрохимического анализа. Отбор проб фитопланктона, камеральная обработка и анализ полученных данных выполнены по общепринятым методикам [1; 21; 11; 3]. Учтены все имеющиеся сведения о таксономическом составе фитопланктона р. Алдан [8; 16; 6].

Химический анализ проб воды выполнен по стандартным методикам [2; 17]. В работе применены нормативы ПДК рыбохозяйственного назначения [14]. Проведена комплексная оценка качества воды с использованием классификаций В. Сладечека [18] и О. П. Оксийук и соавторов [10].

### **Результаты**

*Характеристика физико-химических показателей вод р. Алдан.* По компонентному со-

ставу воды р. Алдан пресные, маломинерализованные, мягкие, гидрокарбонатного класса, кальциевой группы, II типа. Преобладающими компонентами солевого состава являются гидрокарбонаты (28–33 %-экв.) и ионы кальция (24–29 %-экв.) (табл. 1). Концентрация компонентов солевого состава и процентное соотношение элементов на различных участках реки значительно не меняются. Низкие показатели минерализации и жесткости (см. табл. 1) обусловлены влиянием многолетнемерзлых грунтов, ограничивающих дренаж почвы и вымывание минеральных солей. Превышения предельно допустимой концентрации по солевому составу не зафиксировано.

Воды Алдана не имеют запаха и вкуса, обладают средней степенью прозрачности и низкой концентрацией взвешенных веществ. Реакция среды изменяется вниз по направлению течения реки от нейтральной до слабощелочной. Газовый режим в пределах нормы (см. табл. 1). Показатель цветности вод превышает ПДК в 2–3 раза. По общезыщиским параметрам и показателям газового режима воды р. Алдан характеризуются как «чистые» 2-го класса качества.

Отмечена повышенная концентрация азота аммонийного, азота нитритного и трудноокисляемых органических веществ (ТООВ) (см. табл. 1). По содержанию данных компонентов воды реки «слабо – умеренно загрязнённые» 3–4-го класса качества. Прочие компоненты (фосфаты, фосфор общий, азот нитратный, кремний, легкоокисляемые органические вещества) имеют низкий уровень содержания и характеризуют воды реки как «чистые – удовлетворительно чистые» 2–3-го класса качества.

Следует отметить, что максимальные показатели концентрации азота аммонийного, азота нитритного и ТООВ, а также наибольшие значения цветности воды зафиксированы в районе устьев левых притоков, что обусловлено особенностью состава почв левобережной части бассейна реки.

По комплексу показателей токсического загрязнения воды Алдана характеризуются как «достаточно чистые» и относятся к 3-му классу качества. Высокое содержание железа общего вызвано интенсивными процессами оттаивания и размывания многолетнемерзлых грунтов в летне-осенний период.

Таблица 1

Гидрохимические и физические показатели вод исследованных участков р. Алдан  
(средние значения)

Компонентный состав	Участки реки					
	среднее течение			нижнее течение		
	1	2	3	1	2	3
Показатели солевого состава						
Минерализация, мг/л	85,94	73,16	191,90	96,34	96,77	155,64
Общая жёсткость, мг-экв/л	0,99	0,82	2,07	1,12	1,07	1,65
Кальций, мг/л	11,16	10,02	24,85	13,15	15,43	16,57
Магний, мг/л	5,29	3,83	10,08	5,60	3,64	9,96
Натрий, мг/л	3,56	3,50	11,00	3,88	5,00	9,67
Калий, мг/л	0,78	1,00	1,00	0,63	0,67	1,33
Гидрокарбонаты, мг/л	46,92	36,61	105,56	52,59	45,88	84,41
Хлориды, мг/л	2,07	1,50	3,67	1,46	1,11	1,78
Сульфаты, мг/л	16,17	16,71	35,74	19,04	25,03	31,92
Физические параметры и показатели газового режима						
Вкус, баллы	0	0	0	0	0	0
Запах, баллы	0	0	0	0	0	0
Прозрачность, м	0,70	0,70	0,70	0,90	0,70	0,90
Водородный показатель, ед.	7,26	7,12	7,38	7,59	7,59	7,60
Взвешенные вещества, мг/л	9,40	10,80	10,40	2,66	4,40	2,67
Цветность, град.	51	57	85	35	34	82
Углекислый газ, мг/л	5,90	4,40	5,21	7,05	6,23	6,39
Растворённый кислород, мг/л	10,28	9,83	9,33	10,13	11,00	10,30
Насыщенность кислородом, %	104	98	106	107	110	109
Химические показатели						
Азот аммонийный (N-NH <sub>4</sub> ), мг/л	0,28	0,44	0,81	0,29	0,28	0,82
Азот нитритный (N-NO <sub>2</sub> ), мг/л	0,020	0,020	0,018	0,006	0,008	0,006
Азот нитратный (N-NO <sub>3</sub> ), мг/л	0,18	0,12	0,35	0,15	0,10	0,25
Фосфор минеральный (P-PO <sub>4</sub> ), мг/л	0,01	0,01	0,04	0,01	0,01	0,04
Фосфор общий (P <sub>общ.</sub> ), мг/л	0,02	0,02	0,06	0,03	0,04	0,06
Кремний (Si-SiO <sub>2</sub> ), мг/л	3,56	3,19	4,63	2,97	1,86	2,94
ТООВ (по величине ХПК), мг/л	27,23	19,72	34,28	25,84	18,96	34,62
ЛООВ (по величине БПК <sub>5</sub> ), мг/л	1,34	1,00	1,48	1,60	1,42	1,45
Показатели токсического загрязнения						
Железо общее (Fe <sub>общ.</sub> ), мг/л	0,30	0,23	0,85	0,16	0,14	0,86
Нефтепродукты, мг/л	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
Фенолы, мг/л	0,0001	0,0002	0,0001	0,0002	0,0002	0,0003
Анионактивные детергенты, мг/л	0,04	0,04	0,07	0,03	0,08	0,02

Примечание: Цифры в заголовках граф обозначают: (1) – главное русло р. Алдан, (2) – устьевые участки правых притоков, (3) – устьевые участки левых притоков. В таблице приняты следующие сокращения: ТООВ – трудноокисляемые органические вещества, ЛООВ – легкоокисляемые органические вещества.

**Фитопланктон.** В результате собственных наблюдений, а также с учётом прежних данных [9; 15; 16] в составе планктона р. Алдан удалось выявить 323 вида водорослей (378 таксонов рангом ниже рода, включая номенклатурный тип вида) из 8 отделов, 13 классов, 24 порядков, 58 семейств, 103 родов (табл. 2).

По видовому богатству преобладают представители отдела диатомовых водорослей (48,0 % от общего числа видов). На втором месте по числу видов зелёные (34,7 %). Разнообразно представлены сине-зелёные водоросли (8,0 %). Золотистых (3,4 %), жёлто-зелёных

(2,8 %), эвгленовых (1,9 %) – меньше. Динофитовые и красные водоросли имеют в своём составе по два вида. Основу выявленного сводного списка на 82,7 % составляют диатомовые и зелёные водоросли.

На уровне классов выделяются Pennatophyceae (45,2 % видового состава), Chlorophyceae (23,8 %) и Conjugatophyceae (10,8 %); на уровне порядков – Raphales (36,5 %) и Chlorococcales (21,7 %).

Наиболее крупные по числу видов 10 семейств включают 189 видов водорослей (58,5 % от общего числа видов), которые при-

надлежат к отделам диатомовых, зелёных и сине-зелёных: Naviculaceae (12,1 % видового состава), Scenedesmaceae (9,0 %), Desmidiaceae (6,8 %), Cymbellaceae (6,5 %), Fragilariaceae (6,2 %), Achnantheae (4,0 %), Nitzschiaceae (3,7 %), Oscillatoriaceae, Eunotiaceae и Gomphonemataceae (по 3,4 %). Одно- и двуви- довых семейств в спектре водорослей планкто- на р. Алдан – 29, т. е. половина от их общего количества.

Ведущие по видовому богатству 10 родов составляют 9,7 % всего родового состава и ох- ватывают 43,0 % общего числа видов. Это

представители отделов диатомовых и зелёных: *Scenedesmus* (7,1 % видового состава), *Cymbella* (6,2 %), *Navicula* (5,6 %), *Pinnularia* и *Cosmarium* (по 4,0 %), *Achnanthes*, *Eunotia* и *Nitzschia* (по 3,4 %), *Gomphonema* (3,1 %), *Synedra* (2,8 %). 68,9 % всех родов водорослей планктона реки являются одно- и двуви- довыми, причём на их долю приходится 27,9 % ви- дового состава. Северные флоры отличает пре- обладание мало видовых семейств и родов [7]. Пропорции флоры 1:1,8:5,6:6,5. Родовая насы- щенность 3,1. Вариабельность вида 1,2.

Таблица 2

Абсолютное соотношение различных таксонов водорослей в составе планктона р. Алдан

Отдел	Ч и с л о								Доля от общего числа видов (323)
	классов	порядков	семейств	родов	видов	видов и разновидностей	новых для флоры р. Алдан видов и разновидностей	новых для флоры Якутии видов и разновидностей	
Cyanophyta	3	4	10	13	26	26	11	2	8,0
Dinophyta	1	1	1	2	2	4	1	-	0,6
Chrysophyta	1	2	3	4	11	11	9	-	3,4
Xanthophyta	2	2	3	3	9	9	6	-	2,8
Bacillariophyta	2	5	17	34	155	203	64	9	48,0
Euglenophyta	1	1	1	3	6	6	6	-	1,9
Chlorophyta	2	8	22	42	112	117	79	10	34,7
Rhodophyta	1	1	1	2	2	2	-	-	0,6
Всего	13	24	58	103	323	378	176	21	100,0

Об оригинальности полученных данных свидетельствует значительное число зарегист- рированных нами видов водорослей, новых для флоры р. Алдан и водоёмов Якутии в целом (см. табл. 2), в частности – новый для альгоф- лоры Якутии род из отдела зелёных: *Polyedriopsis*.

В фитопланктоне р. Алдан преобладают бентосные формы и эпибионты (41,3 % ви- дового состава), водорослей смешанного планк- тонно-бентосного типа местообитаний (25,1 %) и истинно-планктонных форм (15,6 %) меньше. Следует отметить, что для крупных рек по данным ряда авторов [12; 19], напротив, харак- терно преобладание планктонных организмов. Значительное число обрастателей в фитопланк- тоне реки объясняется большей протяжённо- стью участка с быстрым течением и неболь- шими глубинами, что способствует попаданию водорослей-обрастателей в речной планктон,

часть из которых при этом находит благопри- ятные условия для вегетации.

Скорость течения Алдана высокая на всём протяжении реки. Поэтому, несмотря на то, что доля характерных для проточных водоёмов ви- дов (*Hannaea arcus* (Ehr.) Patr. и *Meridion circu- lare* Ag.) не превышает 2,1 %, они отмечены в большинстве пунктов наблюдений. В планкто- не Алдана также зафиксирована водоросль, предпочитающая хорошо аэрированные воды – представитель диатомей *Tetracyclus rupestris* (A. Br.) Grun.

Воды реки мало минерализованные, что обуславливает преобладание в фитопланктоне олигогалобов (65,6 %). Активная реакция вод Алдана меняется на различных участках от нейтральной до слабощелочной, поэтому зна- чительна доля алкалифилов и алкалибионтов (24,1 %), а также индифферентов (22,5 %); аци- дофилов и ацидобионтов (8,2 %) меньше.

По географической принадлежности основу фитопланктона р. Алдан составляют космополиты (55,8 %). Бореальных видов 10,3 %, среди них лишь один широкораспространённый в реке вид – *Tabellaria fenestrata* (Lyngb.) Kütz. var. *intermedia* Grun.

Наибольший интерес в связи с особенностями природных условий реки представляют альпийские и арктоальпийские организмы, доля которых в составе планктона Алдана составляет 7,4 %. К ним относятся распространённые здесь *Achnanthes nodosa* A. Cl. и *Hannaea arcus*. Альпийские и арктоальпийские виды, приуроченные к северным и горным областям, играют заметную роль в фитопланктоне реки, что согласуется с географическим положением.

Доля представителей голарктического географического царства составляет 3,4 %, среди них один широкораспространённый в Алдане планктонно-бентосный вид – *Monoraphidium komarkovae* Nyg.

Географическое положение Алдана объясняет присутствие в планктоне стенотермных холодолюбивых диатомей: *Aulacosira distans* (Ehr.) Simon., *A. distans* var. *alpigena* (Grun.) 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 rupestris*, *Gyrosigma acuminatum* (Kütz.) Rabenh., *Eunotia praerupta* Ehr., *E. praerupta* var. *bidens* (W. Sm.) Grun., *E. pseudopectinalis* Hust., *Gomphonema ventricosum* Greg.

Среди водорослей, выявленных в составе планктона реки, 246 видов и разновидностей являются показателями сапробности, что составляет 65,1 % от общего числа таксонов. По отношению к концентрации органических веществ в водной толще состав водорослей-индикаторов р. Алдан на 21,1 % образован β-мезосапробными формами, на 13,8 % – олигосапробами, на 37,4 % – видами, развивающимися в переходной зоне между β-мезо- и олигосапробной. Водорослей, характеризующих воды с высокими показателями сапробности – 9,3 %, с низкими – 18,4 %. Индекс сапробности варьирует по пунктам наблюдений на р. Алдан в пределах от 0,84 до 2,21, и в среднем составляет 1,71 (что соответствует олиго-β-мезосапробной зоне самоочищения).

Выделенные участки исследованной части русла имеют следующие особенности.

**Верхний участок.** В составе фитопланктона на этом участке выявлены 80 видов (89 внутривидовых таксонов) из пяти отделов. По числу

видов преобладают диатомовые (61,3 % общего числа видов), им уступают зелёные (28,8 %), сине-зелёных меньше (6,3 %). Беден состав жёлто-зелёных (2,8 %) и золотистых (1,3 %).

Количественные показатели развития фитопланктона в верховьях реки – 120,1 тыс. кл/л и 0,3460 мг/л. По численности клеток основу фитопланктона составляют диатомовые (42,2 % общей численности фитопланктона) и сине-зелёные (40,2 %) водоросли, доля зелёных (17,4 %) меньше. Золотистые и жёлто-зелёные водоросли (по 0,1 %) не имеют существенной роли. Биомасса составлена главным образом зелёными (55,8 % общей биомассы фитопланктона) и диатомовыми (44,1 %), доля представителей других отделов незначительна.

В планктоне доминируют пять видов диатомей: планктонно-бентосные и случайно планктонные космополитные *Cocconeis placentula* Ehr., *Diatoma elongatum* (Lyngb.) Ag. var. *tenue* (Ag.) V. H., *Cymbella silesiaca* Bleisch, *Navicula cryptocephala* Kütz., *Synedra ulna* (Nitzsch.) Ehr.

Индекс видового разнообразия  $H_b$  варьирует по точкам отбора проб от 1,57 до 3,70. Индекс сапробности равен 1,76, что соответствует показателям о-β-мезосапробной зоны самоочищения.

**Средний участок.** Планктон среднего течения р. Алдан в видовом отношении богаче, чем в верховьях: в его составе отмечены 136 видов водорослей (155 внутривидовых таксонов) из 6 отделов. По видовому обилию по-прежнему преобладают диатомовые, однако их доля несколько снижается в сравнении с верховьями реки (52,2 % общего числа видов). Возрастает также вклад во флору планктона представителей других отделов водорослей, главным образом зелёных (30,9 %) и золотистых (7,4 %). Разнообразно представлены сине-зелёные (6,6 %), жёлто-зелёных (2,2 %) и эвгленовых (0,7 %) меньше.

Уровень вегетации фитопланктона в среднем течении реки ниже, чем в верховьях – 52,2 тыс. кл/л, 0,1208 мг/л. По количественному развитию в планктоне среднего участка реки доминируют диатомеи, их доля в общей численности фитопланктона составляет 72,5 %, в биомассе – 82,8 %. Зелёные водоросли по уровню вегетации на втором месте (23,2 % по численности; 15,7 % общей биомассы фитопланктона). Доля представителей других отделов водорослей незначительна.

Следует отметить, что в планктоне устья р. Миль (левый приток среднего Алдана), роль

зелёных (33,3 % видового состава; 58,7 % численности), золотистых (18,5 % видового состава; 7,4 % общей численности клеток в пробе) и эвгленовых водорослей (3,7 % видового состава; 21,8 % общей биомассы) выше, чем в самом Алдане. Р. Миль отличается от Алдана по гидрологическим условиям: это типично равнинная река, протекающая по заболоченной низменности, скорость её течения в устье не превышает 0,4 м/с.

Состав фитопланктона устьевого участка р. Учур (правый приток) сходен с самим Алданом – в нём доминируют диатомеи (87,5 % видового состава; 93,1 % численности; 99,6 % биомассы). Алдан на этом участке сохраняет горный характер и высокую скорость течения, Учур протекает по Алданскому нагорью, это также типично горная река, скорость её течения в устье 1,3 м/с.

Набор структурообразующих видов фитопланктона Алдана по сравнению с верховьем меняется незначительно: это по-прежнему представители диатомей *Nitzschia acicularis* W. Sm., *Diatoma elongatum* var. *tenue*, *Achnanthes nodosa*, *Cymbella silesiaca*, *Cocconeis placentula*. Доминируют на этом участке планктонно-бентосные и случайно планктонные формы, космополиты и один представитель арктоальпийской флоры.

Индекс биоразнообразия в среднем течении реки меняется по пунктам отбора проб от 2,24 до 4,08. Индекс сапробности составляет 1,63, что также соответствует показателям о-β-мезосапробной зоны самоочищения.

*Нижний участок.* По видовому обилию фитопланктон в нижнем течении реки богаче, чем на вышележащих участках: 170 видов (186 внутривидовых таксонов) из 7 отделов. В фитопланктоне нижнего течения Алдана в сравнении с верхним и средним участками реки значительно возрастает роль зелёных водорослей (44,7 % общего числа видов), доля диатомовых водорослей уменьшается – 40,0 %. Разнообразно представлены сине-зелёные (4,7 %) и золотистые (4,1 %) водоросли, эвгленовых и жёлто-зелёных меньше (по 2,9 %), динофитовые представлены одним видом.

Численность клеток фитопланктона по сравнению с вышерасположенным участком возрастает (103,3 тыс. кл/л), а биомасса несколько снижается (0,0847 мг/л). Низкий показатель биомассы при большой численности клеток планктона объясняется тем, что в низовьях реки лучше развиваются мелкоклеточные истинно-планктонные формы водорослей,

а обилие крупноклеточных случайно планктонных форм меньше, чем в верхнем и среднем течении. В низовьях глубина реки возрастает, и занос в планктон водорослей из обрастаний за счёт турбулентности и взмучивания сокращается.

Диатомовые водоросли доминируют по показателям количественного развития (39,4 % от общей численности; 61,9 % общей биомассы фитопланктона), но их значение снижается в сравнении со средним участком Алдана, а роль представителей других отделов возрастает. В отношении численности наряду с диатомеями большую роль играют сине-зелёные (30,3 %) и зелёные (20,2 %) водоросли, биомассы – зелёные (20,9 %).

Следует отметить, что в планктоне устьев левобережных притоков нижнего Алдана роль зелёных, сине-зелёных, золотистых и эвгленовых водорослей более заметна, чем в главной реке и в устьях правых притоков.

Так, в левых притоках нижнего Алдана – реках Нотора, Амга, Татта, по числу видов доминируют зелёные водоросли (соответственно 57,4 %, 56,7 % и 64,8 % видового состава; а в р. Куолума – зелёные (36,4 %), золотистые и сине-зелёные (по 13,6 %). По численности клеток в первых трёх притоках доминируют зелёные водоросли (соответственно 58,7 %, 75,1 %, 90,1 %); в р. Куолума – сине-зелёные (64,8 %) и золотистые (19,2 %). По биомассе в р. Нотора доминируют зелёные (64,6 %), в р. Татта – зелёные (48,8 %) и эвгленовые (29,4 %), а в р. Куолума – сине-зелёные (45,0 %) и золотистые (40,7 %) водоросли.

В правобережных притоках Алдана – реках Аллах-Юнь, Тукулан, Келе как по видовому обилию (63,6 %, 93,3 %, 62,1 % соответственно), так и по численности (66,7 %, 96,0 %, 71,1 %), и биомассе (52,9 %, 99,7 %, 85,2 %) доминируют исключительно диатомеи.

Как отмечено выше, левобережные притоки отличаются от правобережных и самого Алдана по гидрологическим условиям: это типично равнинные реки, протекающие по обширным низинам левой части бассейна нижнего Алдана, их скорость течения составляет 0,3–0,5 м/с. Алдан же сохраняет высокую скорость до самого устья, как и быстротекущие правые притоки, пролегающие в областях с горным рельефом.

Набор структурообразующих видов фитопланктона низовьев Алдана несколько меняется в сравнении с верхним и средним участками: *Nitzschia acicularis*, *Achnanthes nodosa*, *Synedra tabulata* (Ag.) Kütz., *Monoraphidium irregulare* (G. M. Smith) Kom.-Legn., *Synedra acus* Kütz.

В составе доминантов наряду с диатомеями появляется представитель зелёных водорослей *Monoraphidium irregulare*, кроме планктонно-бентосных и случайно планктонных форм зарегистрирован один истинно планктонный вид *Synedra acus*.

Индекс биоразнообразия в низовьях реки варьирует от 1,91 до 4,17. Индекс сапробности – 1,74, что соответствует показателям  $\alpha$ - $\beta$ -мезосапробной зоны самоочищения.

### Обсуждение

Уровень видового разнообразия водорослей планктона р. Алдан повышается от верхнего участка к нижнему. Большое влияние на характеристики фитопланктона Алдана оказывает заносная флора, в видовом отношении фитопланктон обогащается за счёт приточной системы, подобная особенность отмечена и для других рек Якутии [4; 5; 9; 15; 22]. Полученные сведения о водорослях планктона реки свидетельствуют об их относительном видовом разнообразии.

Таксономическая структура сообществ планктонных водорослей неоднородна на различных участках реки. В верхнем и среднем течении Алдана по числу видов в фитопланктоне преобладают диатомеи. В среднем течении реки увеличивается доля представителей других отделов, главным образом зелёных водорослей. В нижнем течении сохраняется тенденция к уменьшению роли в видовом составе фитопланктона диатомей, а зелёные водоросли выходят на первое место по видовому обилию.

По уровню количественного развития основу фитопланктона на участках среднего и нижнего течения Алдана составляют диатомовые водоросли. В верховьях в условиях горной реки с небольшими глубинами велика роль заносных видов, попадающих в планктон из обрастаний. За счёт заносных мелкоклеточных нитчаток *Oscillatoria subtilissima* Kütz. и *Anabaena aequalis* Borge в планктоне верховьев реки отмечена повышенная численность сине-зелёных водорослей. А за счёт случайно-планктонных крупноклеточных форм родов *Spirogyra* и *Mougeotia* здесь зафиксирован высокий уровень биомассы зелёных водорослей.

Особенности рельефа правой и левой частей бассейна Алдана обуславливают различие гидрологических условий право- и левобережных притоков реки. Вследствие этого горные правые притоки характеризуются преобладанием в планктоне диатомей, в планктоне же типично равнинных левобережных притоков создаются благоприятные условия для разви-

тия водорослей отделов зелёных, сине-зелёных, золотистых и эвгленовых. Обогащение планктонных сообществ русловой части Алдана в видовом и количественном отношении происходит преимущественно под воздействием планктона, попадающего в реку из левобережных притоков.

Наибольший уровень количественного развития фитопланктона отмечен в верховьях, что связано, во-первых, с большим влиянием на этом участке реки заноса водорослей из обрастаний, а во-вторых, с межгодовыми изменениями развития планктона. На среднем и нижнем участках Алдана отмечена тенденция к понижению уровня количественных показателей по направлению к устью, что связано с увеличением глубины реки и уменьшением заноса водорослей из обрастаний. В планктоне возрастает роль мелкоклеточных истинно-планктонных видов. Пик численности фитопланктона на нижнем участке реки обусловлен массовым развитием мелкоклеточных планктонных водорослей в устьевых участках левых притоков Алдана – реках Нотора (127,5 тыс. кл/л), Куолума (937,0 тыс. кл/л) и Татта (200,5 тыс. кл/л). В русловой части нижнего Алдана показатели численности фитопланктона значительно ниже и не превышают 104,4 тыс. кл/л.

Основные факторы, сдерживающие развитие планктонных водорослей Алдана – высокая скорость течения и низкое содержание в водах минеральных элементов и биогенных веществ. Это определяет невысокие показатели численности и биомассы водорослей, которые варьируют по различным пунктам отбора проб в пределах 13,9–937,0 тыс. кл/л и 0,0165–1,3979 мг/л соответственно.

Согласно рассчитанным нами коэффициентам общности видового состава фитопланктона для разных участков реки высокую степень сходства имеют средний и нижний участки (0,69), что объясняется их смежным расположением и сходными условиями обитания водорослей. Низкий коэффициент флористического сходства фитопланктона верхнего и нижнего участков (0,27) обусловлен их взаимной удалённостью и различием гидрологических условий. Низкая степень сходства видового состава фитопланктона пар участков верхний – средний (0,32) и верхний – нижний, обусловлена ещё и тем, что альгологический материал в верхнем и среднем – нижнем течении был отобран в разные годы.

Состав доминантов достаточно однороден на всех исследованных участках реки, в их

число входят планктонно-бентосные и бентосные диатомовые, включая арктоальпийский вид. В нижнем течении, в составе доминантов кроме диатомовых появляется представитель зелёных водорослей, а также наряду со случайно планктонными возникает истинно-планктонный вид.

Индекс биоразнообразия (Hb) фитопланктона р. Алдан в среднем и нижнем течении реки выше, чем в верховьях.

По классификации Сладечека [18] воды р. Алдан относятся к слабозагрязнённым. На основе классификации О. П. Окснюк и В. Н. Жукинско [10] по уровню биомассы фитопланктона верховья реки имеют разряд «очень чистые – достаточно чистые», в среднем и нижнем течении – «очень чистые – вполне чистые»; по индексу сапробности на всём протяжении реки – «достаточно чистые»; по степени прозрачности воды – «очень чистые – вполне чистые»; по комплексу физико-химических показателей – 1–4-го классов качества «удовлетворительно чистые – умеренно загрязнённые». Отмеченное превышение ПДК по цветности, азоту аммонийному, железу общему и ТООВ (по величине ХПК) обусловлено природными процессами и характерно для северных водоёмов [13].

### Заключение

Результаты анализа пространственной структуры таксономического состава и количественного развития фитопланктона Алдана свидетельствуют о его неоднородности на различных участках реки. Это согласуется с положениями концепции речного континуума [23], и обусловлено закономерной сменой по направлению от истока к устью реки гидрологических и физико-химических факторов, действующих на речной фитопланктон.

На формирование химико-физических свойств воды р. Алдан преимущественно влияют особенности состава почв бассейна реки и наличие многолетней мерзлоты.

Полученные данные о структуре фитопланктона и физико-химических параметрах вод р. Алдан являются фоновыми и послужат основой биомониторинга речной экосистемы.

### Литература

1. Абакумов В. А. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / В. А. Абакумов. – Л. : Гидрометеоздат. – 1983. – 240 с.
2. Алёкин О. А. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / О. А. Алёкин,

А. Д. Семёнов, Б. А. Скопинцев. – Л. : Гидрометеоздат, 1973. – 269 с.

3. Барина С. С. Биоразнообразие водорослей – индикаторов окружающей среды / С. С. Барина, Л. А. Медведева, О. В. Анисимова. – Тель-Авив: PiliesStudio, 2006. – 498 с.

4. Габышев В. А. Водоросли планктона водоёмов бассейна р. Молодо (Россия, Якутия) / В. А. Габышев // Гидробиол. журн. – 2008. – Т. 44, № 3. – С. 12–18.

5. Габышев В. А. К изучению фитопланктона и физико-химических параметров вод р. Оленек / В. А. Габышев, О. И. Габышева // Вестн. СВНЦ ДВО РАН. – 2010. – № 3. – С. 51–55.

6. Габышев В. А. Таксономический состав фитопланктона реки Алдан (Якутия) / В. А. Габышев, П. А. Ремигайло // Бот. журн. – 2009. – Т. 94, № 12. – С. 1771–1777.

7. Гецен М. В. Водоросли в экосистемах Крайнего Севера / М. В. Гецен. – Л. : Наука, 1985. – 165 с.

8. Комаренко Л. Е. Характеристика флоры водорослей и зоопланктона водоёмов бассейна среднего течения р. Лены / Л. Е. Комаренко // Тр. Ин-та биологии ЯФ Сиб. отд. АН СССР. – Якутск : Изд. ЯФ СО АН СССР, 1956. – Вып. 2. – С. 145–212.

9. Комаренко Л. Е. Планктон бассейна реки Яны / Л. Е. Комаренко. – М. : Наука, 1968. – 151 с.

10. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши / О. П. Окснюк [и др.] // Гидробиол. журн. – 1993. – Т. 29, № 4. – С. 62–76.

11. Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение / Э. Мэгарран. – М. : Мир, 1992. – 181 с.

12. Науменко Ю. В. Структура фитопланктона Средней Оби / Ю. В. Науменко // Бот. журн. – 1985. – Т. 70, № 10. – С. 1381–385.

13. Особенности экологии гидробионтов нижней Лены / Д. Л. Венглинский [и др.]. – Якутск : Изд. ЯФ СО АН СССР, 1987. – 184 с.

14. Перечень ПДК и ОБУВ вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоёмов. – М. : Роскомрыболовство, 1995. – 141 с.

15. Ремигайло П. А. Особенности развития фитопланктона средней Лены (Россия) / П. А. Ремигайло, В. А. Габышев // Альгология. – 1999. – Т. 9, № 2. – С. 122–123.

16. Ремигайло П. А. Таксономическая структура и видовое разнообразие фитопланктона верховьев реки Алдан / П. А. Ремигайло, В. А. Габышев // Сиб. экол. журн. – 2001. – Т. 8, № 4. – С. 385–387.

17. Семенов А. Д. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / А. Д. Семенов. – Л. : Гидрометеоздат, 1977. – 540 с.

18. Сладечек В. Общая биологическая схема качества воды. Санитарная и техническая гидробиология : материалы I съезда ВГБО / В. Сладечек. – М. : Наука, 1967. – С. 26–31.

19. Чайковская Т. С. Фитопланктон реки Енисей и Красноярского водохранилища / Т. С. Чайковская // Биологические исследования Красноярского



водохранилища. – Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1975. – С. 43–91.

20. Чалов Р.С. Водные пути бассейна Лены / Р. С. Чалов. – М. : МИКИС, 1995. – 600 с.

21. Шмидт В. М. Математические методы в ботанике / В. М. Шмидт. – Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1984. – 288 с.

22. Gabyshev V. A. Water quality of the Anabar River indicated by phytoplankton structure and hydrochemical characteristics / V. A. Gabyshev, O. I. Gabysheva // Contemporary Problems of Ecology. – 2010. – Vol. 3, N 4. – P. 395–400.

23. The river continuum concept / R. L. Vannote [et al.] // Canadian J. of Fish. and Aquatic Sciences. – 1980. – Vol. 37, N 1. – P. 130–137.

## Spatial structure and habitat conditions of phytoplankton of the Aldan River

V. A. Gabyshev, P. A. Remigailo, O. I. Gabysheva

Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, Yakutsk

**Abstract:** Detailed information on the development of phytoplankton and physical-chemical composition of water from the large river of East Siberia – Aldan was first received. The knowledge on taxonomic composition of plankton algae of the northern river is significantly replenished. Basic patterns of the spatial structure in the taxonomic structure and quantitative development of phytoplankton of the Aldan are found. Integrated assessment of water quality from the river according to bioindicative properties of plankton algae and hydrochemical parameters was made. The data received about the structure of phytoplankton and physical-chemical parameters of the Aldan waters are background and would serve the basic information for biomonitoring of the river ecosystem.

**Key words:** the Aldan River, phytoplankton, physical-chemical parameters of water, background data, water quality.

*Габышев Виктор Александрович*  
Институт биологических проблем криолитозоны  
СО РАН  
677980, г. Якутск, пр. Ленина, 41  
кандидат биологических наук  
старший научный сотрудник  
тел. (4112) 33–56–90  
E-mail: v.a.gabyshev@ibpc.ysn.ru

*Gabyshev Viktor Aleksandrovich*  
Institute for Biological Problems of Cryolithozone  
SB RAS  
41 Lenin Ave., Yakutsk, 677980  
Ph.D. of Biology, senior research scientist  
phone: (4112) 33–56–90  
E-mail: v.a.gabyshev@ibpc.ysn.ru

*Ремигаило Павел Александрович*  
Институт биологических проблем криолитозоны  
СО РАН  
677980, г. Якутск, пр. Ленина, 41  
кандидат биологических наук, директор  
тел. (4112) 33–56–90  
E-mail: p.a.remigailo@ibpc.ysn.ru

*Remigailo Pavel Aleksandrovich*  
Institute for Biological Problems of Cryolithozone  
SB RAS  
41 Lenin Ave., Yakutsk, 677980  
Ph.D. of Biology, director  
phone: (4112) 33–56–90  
E-mail: p.a.remigailo@ibpc.ysn.ru

*Габышева Ольга Ивановна*  
Институт биологических проблем криолитозоны  
СО РАН  
677980, г. Якутск, пр. Ленина, 41  
младший научный сотрудник  
тел. (4112) 33–56–90  
E-mail: oi\_gabysheva@mail.ru

*Gabysheva Olga Ivanovna*  
Institute for Biological Problems of Cryolithozone  
SB RAS  
41 Lenin Ave., Yakutsk, 677980  
junior research scientist  
phone: (4112) 33–56–90  
E-mail: oi\_gabysheva@mail.ru