

УДК 550.7

*Биогеохимические и экологические исследования природных и техногенных экосистем Дальнего Востока.* - Владивосток: Дальнаука, 1996. 191 с.

Изложены результаты биогеохимических и экологических исследований экосистем, формирующихся под влиянием горнорудного комплекса. Описаны особенности миграции и накопления тяжелых металлов в гидробионтах, водных растениях, торфах, донных осадках на участках золоторудных, угольных и других месторождений. Дается оценка гидрохимического состава поверхностных вод, дренирующих природные и техногенные экосистемы. Дана характеристика биообъектов - тест-индикаторов повышенного содержания тяжелых металлов в экосистемах.

Для биогеохимиков, геохимиков, экологов, гидробиологов и специалистов, изучающих проблемы окружающей среды.

Ответственный редактор  
д-р геол.-минерал. наук проф. П.В. Ивашов

Рецензенты:  
Н.И. Грехнев, Р.В. Уразметов

Издано по решению Редакционно-издательского совета  
Дальневосточного отделения РАН

## ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ОРУДЕНЕНИЯ КАК ФАКТОР ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ В РАЙОНЕ ОБЪЕКТА "РУДНИК МНОГОВЕРШИННЫЙ"

**Н**егативное влияние на окружающую среду вследствие разработки месторождений рудного золота, в отличие от россыпных месторождений этого благородного металла, проявляется, в первом приближении, следующим образом: 1) за счет вещественного состава руд и рудовмещающих пород и прежде всего за счет рассеивания большой и разнообразной ассоциации химических элементов и тяжелых металлов; 2) вследствие применения практически единственной в настоящее время и несовершенной в экологическом отношении технологической схемы обогащения концентратов рудного золота на основе использования цианидов и нейтрализации токсичных цианидсодержащих отходов - хвостов обогащения, с помощью активных соединений хлора.

В полном объеме оба эти фактора неблагоприятного влияния на окружающую среду, т.е. вещественный состав золотосодержащих руд и технологическая схема их обогащения, на Многовершинном ГОКе проявляются уже сейчас и будут иметь место в будущем по мере наращивания мощностей этого горно-рудного узла. Непосредственно они будут сказываться при формировании техногенных экосистем в этом районе, особенно на их составных компонентах, т.е. проявляться через почву, растительность, поверхностные воды, воздушную среду. Несомненно, трансформация природных экосистем в техногенные экосистемы в окрестностях функционирующего Многовершинного горно-рудного узла, карьеров, обогатительной фабрики, хвостохранилища, склада пустых и условно пустых пород и других объектов и производств в конце концов скажется на условиях проживания населения как непосредственно в пос. Многовершинный, так и в целом во всем районе, подверженном влиянию горно-промышленного комплекса за счет формирования техногенных потоков рассеяния минерального вещества.

## ПИГМЕНТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДОРΟΣЛЕЙ ПЕРИФИТОНА ВОДОТОКОВ ДАЛЬНОГО ВОСТОКА

При изучении функционирования водных экосистем автотрофным организмам отводится определяющая роль. В практике гидробиологических исследований общепринятым методом является определение фотосинтетических пигментов, которые позволяют судить о степени развития, физиологическом состоянии и продуктивности водорослей.

В настоящей работе нами уделено основное внимание пигментным характеристикам водорослей перифитона в реках горного и полугорного типа Дальнего Востока, в которых они населяют каменистый субстрат и являются практически единственными первичными продуцентами органического вещества.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В реках с каменистым дном с глубины 0,2-0,7 м доставалось, как правило, 4-12 камней методом случайной выборки, с которых водоросли перифитона счищались зубной щеткой в определенном объеме воды. Площадь камней определяли по их проекции на крафтовой бумаге, весовым методом.

Пигменты анализировались стандартным спектрофотометрическим методом [4]. Для расчета концентраций хлорофиллов "а", "b" и "с" использовались формулы Джеффри и Хамфри [4], для расчета каротиноидов - формулы Парсонса и Стрикленда [6]. Процентное отношение феопигментов к хлорофиллу "а" определяли с помощью уравнения Кобленц-Мишке [1].

При определении первичной продукции и деструкции органического вещества перифитона использовали метод склянок в кислородной модификации. Определенный объем смыва с камней помещали в светлые и темные склянки, которые опускали на глубину взятия проб. Экспозиция склянок с водорослями длилась 4-6 ч при ясной безоблачной погоде. При расчете валовой первичной продукции за

сутки принимали продолжительность светлого периода, равного 12 ч. Величина деструкции в расчете на суточные значения увеличивалась соответственно в 6 и 4 раза, пропорционально времени экспозиции проб. На основе полученных данных по фотосинтезу водорослей и концентрации хлорофилла "а" (Схл "а") рассчитывалась удельная скорость фотосинтеза, или ассимиляционное число, которое выражали в  $\text{мгO}_2/\text{мг хл"а" сут}$  (САЧ) или  $\text{мгO}_2/\text{мг хл"а" час}$  (АЧ).

### РАЙОНЫ ОТБОРА ПРОБ

Работы проводились в различных регионах Дальнего Востока. В августе 1987 г. маршрутные исследования были осуществлены на реках Лено-Индигирской водной системы, расположенной на территории Магаданской области и Якутии. Отбор проб проводился в водотоках на пересечении их с автомобильной дорогой от пос. Сусуман до пос. Хандыга (Колымский тракт). От г. Якутска по Якутской трассе до пос. Сковородино (Амурская область). За период исследований атмосферных осадков на данной территории не отмечалось.

В июне 1992 г. обследовался бассейн р. Левый Ул в районе деятельности горнообогатительного комбината пос. Многовершинный.

В августе 1992 г. работы велись на р. Кедровая и ее притоках, расположенных на территории Государственного заповедника "Кедровая падь" (Приморский край).

В июне-сентябре 1993 г. исследования осуществлены в бассейне р. Бурья, которая является вторым по величине после р. Зея левобережным притоком р. Амур.

В ноябре-декабре 1993 г. в рамках международного российско-японского научного проекта по изучению структуры и функций водотоков Дальнего Востока [7] при поддержке группы японских гидробиологов были проведены экспедиционные работы на ряде водотоков и озер Японии.

### ОБСУЖДЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты по определению хлорофилла "а" в перифитоне рек Дальнего Востока представлены в табл. 1-5. Они отражают степень развития водорослей за периоды исследований.

Таблица 1

Концентрация хлорофилла "а" (Схл"а") в перифитоне рек  
Лено-Индигирского водного района

Река	Дата	Схл"а", мг/м <sup>2</sup>
Мяунджа	06.08.87	10,8
Юряха	06.08.87	7,6
Аян-Юрах	06.08.87	2,5
Конгырах	07.08.87	0,8
Индигирка	08.08.87	0,9
Кубюме	09.08.87	1,8-6,6
Мундуруччу	16.08.87	18,8
Амга	16.08.87	2,8-4,1
Якоцит	17.08.87	11,9-25,7
Селигдар	18.08.87	1,7
Куранах	18.08.87	3,9-63,0
Якохут	18.08.87	14,2
Большой Нимныр	18.08.87	9,3
Большая-Хатыми	18.08.87	25,8
Большой Дурай	18.08.87	13,7
Чульман	19.08.87	10,4
Верхняя Нерюнгри	19.08.87	127,8
Иенгра	19.08.87	7,7
Тимптон	19.08.87	0,8

Таблица 2

Концентрация хлорофилла "а" (Схл"а") в водотоках  
окрестностей пос. Многовершинный

Река, место отбора проб	Дата	Схл"а", мг/м <sup>2</sup>
Бирсалали, выше хвостохранилища ГОКа	25.07.92	23,80
Бирсалали, при слиянии с дренажным ручьем из хвостохранилища ГОКа	25.07.92	49,80
Бирсалали, устье	26.07.92	61,90
Бирсалали, устье	30.07.92*	18,60
Левый Ул. 600 м выше устья р. Бирсалали, ниже водовыпуска хозяйственно-бытовых сточных вод	26.07.92	537,10
Левый Ул. 800 м ниже устья р. Бирсалали	30.07.92*	0,80
Улченюк, в лесной зоне выше пос. Многовершинный	26.07.92	527,70
Улченюк, в лесной зоне выше пос. Многовершинный	29.07.92*	203,60
Улченюк, ниже склада с рудой ГОКа	29.07.92*	0,90

\* Отбор вод после паводка.

Таблица 3

Концентрация хлорофилла "а" (Схл"а") в перифитоне рек  
бассейна р. Кедровая в заповеднике "Кедровая падь"

Место отбора проб	Дата	Схл"а", мг/м <sup>2</sup>
Р. Кедровая, заповедник, 300 м выше гидропоста	07.08.92	7,85
Р. Кедровая, ниже устья руч. Каскадный	10.08.92	7,60
Р. Кедровая, 6 км выше гидропоста	07.08.92	8,83
Руч. Каскадный, устье	09.08.92	7,70
Руч. Горайский, устье	11.08.92	3,40
Руч. Горайский, устье	10.08.92	14,73

Таблица 4

Концентрация хлорофилла "а" (Схл"а") в перифитоне рек бассейна р. Бурей

Река, место отбора проб	Дата	Схл"а", мг/м <sup>2</sup>
Правая Бурей, 8 км от устья	23.06.93	0,47-3,40
Правая Бурей, 8 км от устья	03.09.93	0,24-3,10
Правый приток Правой Бурей, в 7 км от устья	26.06.93	19,10
Правый приток Правой Бурей, в 9 км от устья	24.06.93	6,54
Правый приток Правой Бурей, в 9 км от устья	03.09.93	3,01
Правый приток Правой Бурей, в 11 км от устья	24.06.93	0,80
Левый приток Правой Бурей, в 12 км от устья	24.06.93	0,18
Левая Бурей, 500 м от устья	22.06.93	0,09-0,83
Левая Бурей, 500 м от устья	02.09.93	3,13-6,37
Бурей, 4 км выше р. Усмань	26.06.93	0,70
Бурей, 4 км выше р. Усмань	06.09.93	15,13
Бурей, выше устья р. Уссамаха	06.09.93	14,50
Бурей, ниже железнодорожного моста, близ г. Новый Ургал	15.06.93*	0,00
Бурей, ниже железнодорожного моста, близ г. Новый Ургал	08.09.93	2,04
Бурей, пос. Талахан	09.07.93	0,16
Умальта-Матит, устье	26.06.93	0,40
Сергикта, устье	05.09.93	2,77
Усмань, устье	06.09.93	15,20
Ургал, устье	15.06.93*	0,16
Ургал, устье	08.09.93	32,70

Окончание табл. 4

Река, место отбора проб	Дата	Схл"а", мг/м <sup>2</sup>
Ургал, пионерлагерь	28.05.88	8,8-36,7
	18.06.93*	0,52
	26.06.93	2,12
	07.09.93	2,64
Ургал, 52 км восточнее пос. Чегдомын	06.09.93	9,38
	16.08.88	17,40
Чегдомын, пос. Чегдомын, выше водовыпуска сточных вод	15.06.93*	0,50
	29.06.93	6,36
	07.09.93	22,85
	15.06.93*	0,15
Чегдомын, 100 м ниже водовыпуска сточных вод	29.06.93	10,72
	07.09.93	265,60
	07.09.93	47,81

\* Отбор проб после паводка.

Таблица 5

Концентрация хлорофилла "а" (Схл"а") в водотоках Японии  
(по материалам исследований за 1993 г.)

Река, озеро	Населенный пункт	Дата	Схл"а", мг/м <sup>2</sup>
Misaka area	Kawaguchiko City	26.11.93	2,51
R. Origin, устье		27.11.93	21,79
R. Dochi	Kawarabata	27.11.93	3,41
R. Murokubo	приток R. Dochi	27.11.93	2,12
R. Dochi	Ryogoku-Bashi	27.11.93	9,95
R. Dochi	Myotoen	27.11.93	5,31
R. Dochi	Aone	27.11.93	1,00
R. Sagami	Oqurabachi	29.11.93	99,07
R. Sagami	Syowa-Bashi	29.11.93	130,14
R. Sagami	Atsugi City	29.11.93	10,04
R. Sagami	Kamikawa	29.11.93	7,80
R. Oshio	у источников	28.11.93	18,43
R. Nyu	Nyugawa	03.12.93	57,69
R. Ishi	Ishikawa	03.12.93	133,02
R. Kino	Kinokawa	03.12.93	104,78
L. Shojiko		28.11.93	39,88
L. Yamanako		27.11.93	5,35
L. Saiko		28.11.93	7,40
L. Motosuko		28.11.93	37,00

На общем фоне полученных результатов наиболее высокие концентрации хлорофилла "а" в перифитоне отмечаются на участках водотоков и отдельных их точках, которые подвержены антропогенному воздействию. Среди водотоков Лено-Индигирской системы (табл. 1) выделяются реки Верхняя Нерюнгри и Куранах с концентрацией хлорофилла "а" соответственно 127,8 и 3,9-63,0 мг/м<sup>2</sup>. В р. Верхняя Нерюнгри отбор проб проведен ниже водовыпуска шахтных вод угледобывающего комбината г. Нерюнгри. В р. Куранах пробы взяты выше района работ золотодобывающего прииска "Ленинский", где концентрация хлорофилла "а" около 4 мг/м<sup>2</sup>, и ниже по реке, после места спуска в нее отработанных вод данным предприятием. На нижнем участке заметно возрастает хлорофилльная масса водорослей, до 63 мг/м<sup>2</sup>.

В р. Левый Ул после водовыпуска хозяйственно-бытовых сточных вод со станции биологической очистки пос. Многовершинный хлорофилл "а" достигает 537 мг/м<sup>2</sup> (табл. 2). В ее левобережном притоке, р. Бирсалали, происходит закономерное возрастание хлорофилла "а" от верховьев реки к устью с 24 до 62 мг/м<sup>2</sup> вследствие влияния дренажных, богатых органическим веществом вод, поступающих из хвостохранилища горнообогатительного комбината "Многовершинный".

В бассейне р. Буря максимальные концентрации хлорофилла "а", до 270 мг/м<sup>2</sup>, отмечены в р. Чегдомын ниже водовыпуска в нее хозяйственно-бытовых сточных вод со станции биологической очистки пос. Чегдомын и шахтных вод шахтоуправления "Ургальское". На загрязняемом створе концентрация хлорофилла "а" почти в 14 раз больше, чем на контрольном вышерасположенном участке (табл. 4).

Подобная ситуация отмечается и на водотоках Японии. На участках рек, испытывающих влияние хозяйственно-бытовых сточных вод населенных пунктов, цвет речной воды имеет светло-молочный опалесцирующий оттенок, присущий водам данного типа. Так в р. Sagami концентрация хлорофилла "а" в перифитоне была 99-130 мг/м<sup>2</sup>. В водотоках окрестностей г. Осака на умеренно и сильно загрязняемых участках рек Nyu, Ishi, Kino она составляла соответственно 58, 133 и 105 мг/м<sup>2</sup> (табл. 5).

Существенным фактором, определяющим степень развития водорослей в водных объектах, является их гидрологический режим, обусловленный конкретными климатическими условиями на водосборной площади. Регулирующая роль паводка в развитии сообществ перифитона для рек горного типа Северной Америки, Канады

и Японии показана в ряде работ [3, 5]. При частых паводках в водных объектах поддерживается низкий уровень развития водорослей, а максимум их развития устанавливается в период меженных расходов. Влияние гидрологического фактора отчетливо проявляется и по нашим данным. Так, первый этап отбора проб в бассейне р. Бурея 15-18 июня 1993 г. совпал с прохождением пика летнего паводка (табл. 4). Концентрация хлорофилла "а" в реках Бурея, Ургал и Чегдомын в это время не превышала  $1 \text{ мг/м}^2$ . После установления меженных расходов в начале сентября она на незагрязняемых участках достигала  $15-33 \text{ мг/м}^2$ . Отметим, что в р. Ургал в районе пионерлагеря концентрация хлорофилла "а" в мае 1988 г. в период весенней межени на перекате составляла  $8,8 \text{ мг/м}^2$ , а на сливе перед перекатом -  $36,7 \text{ мг/м}^2$ .

На реках бассейна Левый Ул пробы, взятые 25 и 26 июня (табл. 2), отражают степень развития водорослей перифитона при стабильном гидрологическом режиме. С мая до конца июня в этом районе осадков не отмечалось. С 27 на 28 июня вследствие прошедшего здесь тайфуна выпали ливневые осадки, которые резко увеличили расход воды в реках, что в значительной мере повлияло на состояние бентосных сообществ. На участке р. Левый Ул, который дренирует нарушенный ландшафт, и после водовыпуска в нее хозяйственно-бытовых сточных вод сообщество перифитона формируется на мелкодисперсном наилке за счет поступления в реку взвешенных веществ.

На данном участке реки после прохождения паводка бентосное сообщество было практически полностью разрушено. Концентрация хлорофилла "а" в перифитоне составляла всего 0,14% предпаводковой величины. В р. Бирсалали, где наилок отсутствовал, было смыто всего 70% водорослевого населения. Таким образом, разрушение донного сообщества существенным образом зависит от субстрата, на котором оно сформировано. Представленные результаты исследований (табл. 1, 3, 5) отражают уровень развития водорослей в водотоках и различных их точках в разные периоды меженных расходов.

Анализ большого числа рек горного и полугорного типа для 77 точек США и Канады, проведенный Боттом с соавторами [3], показывает, что концентрация хлорофилла "а" перифитона в большинстве случаев составляет от 10 до  $100 \text{ мг/м}^2$  и мало зависит от географического положения водотоков. Отмечается, что в некоторых точках в течение года содержание хлорофилла может быть меньше  $1 \text{ мг/м}^2$  и превышать  $300 \text{ мг/м}^2$ . При этом к решающим факторам

формирования сообществ перифитона авторы относят геоморфологические характеристики водных объектов, их гидрологический и гидрохимический режим. Концентрация хлорофилла "а" в перифитоне, превышающая  $50 \text{ мг/м}^2$ , для рек Японии по материалам разных авторов приводится в работе [7]. Так, в руч. Шишибу около г. Токио максимальные значения хлорофилла "а" составляют  $100-200 \text{ мг/м}^2$ , в руч. Шигоносава у г. Нагано -  $300-500 \text{ мг/м}^2$ , в Таками-гава у г. Нара -  $5-60 \text{ мг/м}^2$ .

Качественное распределение пигментов различно в разных систематических отделах водорослей. Так, хлорофилл "а" содержится в водорослях всех типов, хлорофилл "b" - только у зеленых и синезеленых, хлорофилл "с" - у диатомей, перединой и хризомонад.

В целом для исследованных водотоков динамика изменения хлорофиллов "b" и "с" соответствует изменению концентрации хлорофилла "а" в перифитоне. Для перифитона рек Лено-Индибирской системы среднее отношение хлорофилла "b" к хлорофиллу "а" составляет 0,22; "с" к "а" - 0,41; "b" к "с" - 0,85 при широком диапазоне вариации средней. Между этими параметрами для бассейнов рек Буреи, Левого Ула и рек Японии наблюдается достоверная связь с высокими коэффициентами корреляции, которая может быть описана уравнением линейной регрессии в виде  $y = a + vx$ .

Для рек бассейна Буреи они имеют следующие значения:

$$\text{Хл}^{\text{b}} = 0,276 + 0,061 \text{ Хл}^{\text{a}}, n = 25, r = 0,98;$$

$$\text{Хл}^{\text{c}} = 0,882 + 0,196 \text{ Хл}^{\text{a}}, n = 25, r = 0,97;$$

$$\text{Хл}^{\text{c}} = 3,057 \text{ Хл}^{\text{a}} - 0,961, n = 25, r = 0,95.$$

Для водотоков Японии:

$$\text{Хл}^{\text{b}} = 0,265 + 0,038 \text{ Хл}^{\text{a}}, n = 19, r = 0,87;$$

$$\text{Хл}^{\text{c}} = 0,969 + 0,154 \text{ Хл}^{\text{a}}, n = 19, r = 0,98;$$

$$\text{Хл}^{\text{c}} = 1,981 + 2,858 \text{ Хл}^{\text{b}}, n = 19, r = 0,82.$$

Для бассейна р. Левый Ул:

$$\text{Хл}^{\text{b}} = 0,281 \text{ Хл}^{\text{a}} - 0,310, n = 9, r = 0,92;$$

$$\text{Хл}^{\text{c}} = 0,208 \text{ Хл}^{\text{a}} - 0,337, n = 9, r = 0,98;$$

$$\text{Хл}^{\text{c}} = 0,687 \text{ Хл}^{\text{b}} + 4,31, n = 9, r = 0,98.$$

Для бассейна р. Кедровая:

$$\text{Хл}^{\text{b}} = 0,485 \text{ Хл}^{\text{a}} - 2,22, n = 6, r = 0,83$$

Между хлорофиллом "с" и "а", хлорофиллом "с" и "b" достоверной связи не отмечено.

В представленных уравнениях концентрация хлорофиллов "а", "б" и "с" выражена в мг/м<sup>2</sup>. На основе полученных результатов по соотношению зеленых пигментов можно проследить изменение роли диатомовых водорослей в водных бассейнах за период исследований. В водотоках Японии отношение хл"с"/хл"а" составляет 0,18; хл"б"/хл"а" - 0,045; хл"б"/хл"с" - 0,24; в бассейне Буреи хл"с"/хл"а" - 0,153; хл"б"/хл"а" - 0,074; хл"б"/хл"с" - 0,431; в реках Лено-Индигирской водной системы - хл"с"/хл"а" - 0,41; хл"б"/хл"а" - 0,22; хл"б"/хл"с" - 0,85; в бассейне р. Левый Ул - хл"с"/хл"а" - 0,21; хл"б"/хл"а" - 0,26; хл"б"/хл"с" - 1,09; в р. Кедровая и ее притоках соотношение хл"с"/хл"а" составляет 0,154; хл"б"/хл"а" - 0,20; хл"б"/хл"с" - 1,70. Увеличение в представленном ряду соотношений хл"б" к хл"с" характеризует, по всей видимости, возрастающую роль зеленых и сине-зеленых водорослей в сообществах перифитона этих рек.

Относительное содержание феопигментов от общего содержания хлорофилла "а" в перифитоне для всех исследованных водных объектов находилось в пределах от 0 до 65%, наиболее частые значения - от 6 до 30%. Зависимости, отражающей количество феопигментов от степени развития водорослей перифитона, нами не было обнаружено.

Содержание каротиноидов в перифитоне рек изменялось соответственно хлорофиллу "а". Отношение концентраций этих пигментов в основной массе значений находилось в пределах 0,4 - 1,0, как правило, понижаясь при возрастании степени развития водорослей и увеличиваясь при низких концентрациях. Зависимость между этими величинами может быть выражена для исследованных водных систем уравнениями линейной регрессии, которые имеют следующие параметры:

для водотоков Лено-Индигирской водной системы

$$С_k = 0,091 + 0,783 С_{хл"а"}, n = 28, r = 0,997;$$

для водотоков бассейна р. Буреи

$$С_k = 0,250 + 0,873 С_{хл"а"}, n = 31, r = 0,958;$$

для водных объектов Японии

$$С_k = 0,193 + 0,593 С_{хл"а"}, n = 19, r = 0,977;$$

для рек бассейна Левый Ул

$$С_k = 0,710 С_{хл"а"} - 0,83, n = 9, r = 0,994;$$

для р. Кедровая и ее притоков

$$С_k = 0,626 С_{хл"а"} - 0,172, n = 6, r = 0,980,$$

где  $С_k$  - концентрация каротиноидов, выраженная в единицах SPU, м<sup>2</sup>,  $С_{хл"а"}$  - концентрация хлорофилла "а", мг/м<sup>2</sup>.

Как видно из полученных уравнений, между рассматриваемыми показателями наблюдается тесная связь с коэффициентами корреляции от 0,957 до 0,997. Средние отношения  $С_k/С_{хл"а"}$  составляют для водотоков Японии и р. Кедровая с притоками 0,60 и 0,61 соответственно; для бассейна р. Левый Ул - 0,66; для водотоков Лено-Индигирской водной системы - 0,78; для бассейна р. Бурея - 0,89.

Ассимиляционные числа водорослей перифитона исследованных водотоков представлены в табл. 6.

Таблица 6

Ассимиляционные числа водорослей перифитона в исследованных реках

Река	Температура воды при экспозиции проб, °С	С <sub>хл"а"</sub> в склянках при фотосинтезе, мкг/л	САЧ мгО <sub>2</sub> /мг хл"а"	АЧ мгО <sub>2</sub> /мг хл"а"
Большой Нимныр	15	85,73	75,80	6,30
Большой Дурай	15	195,35	23,95	2,00
Чульман	15	121,73	48,15	4,01
Иенгра	15	55,40	79,80	6,70
Геткан	15	236,08	27,53	2,30
Девятка	21	27,30	181,30	15,10
Кедровая	17	73,65	37,50	3,12
Кедровая	17	68,06	81,10	6,80
Кедровая	15	139,70	62,14	5,20

Из таблицы видно, что их часовые значения (АЧ) находятся в широких пределах, от 2,0 до 15,1 мгО<sub>2</sub>/мг хл"а", а суточные (САЧ) лежат в интервале от 24,0 до 181,3 мгО<sub>2</sub>/мг хл"а". В литературе, посвященной исследованию первичной продуктивности водорослей перифитона [3, 5], отмечается, что фотосинтез водорослей при оптимальных световых условиях существенным образом зависит от их физиологического состояния в каждом конкретном случае. С другой стороны, скорость фотосинтеза в склянках при всех прочих равных условиях, по всей видимости, зависит и от концентрации суспензии водорослей, используемой при экспозиции проб. Эта тенденция прослеживается по результатам наших экспериментов. Из таблицы видно, что чем меньше концентрация хлорофилла "а" в склянках, тем выше значения ассимиляционных чисел перифитона. Полученные нами значения АЧ и САЧ совпадают с данными других

авторов. Так, Ботт с соавторами [3], обобщая данные по первичной продукции водорослей перифитона для США и Канады, приводят значения АЧ от 0,07 до 6,6 мгО<sub>2</sub>/мг хл"а", а максимальные значения САЧ - 192 мгО<sub>2</sub>/мг хл"а" при средних значениях для отдельных водотоков от 6,0 до 77 мгО<sub>2</sub>/мг хл"а". Наши средние значения САЧ - 58,0 мгО<sub>2</sub>/мг хл"а", АЧ - 4,8 мгО<sub>2</sub>/мг хл"а". Томинага с соавторами [7] приводят максимальное значение АЧ для водотоков Японии, соответствующее 8,0 мгО<sub>2</sub>/мг хл"а". На наш взгляд, для ориентировочной оценки первичной продукции водотоков Дальнего Востока хлорофилльным методом желательнее брать оптимальные значения АЧ=6,0-8,0 мгО<sub>2</sub>/мг хл"а", или САЧ=72-100 мгО<sub>2</sub>/мг хл"а". Отметим, что эти значения в 2 раза ниже ассимиляционных чисел, характеризующих фотосинтетическую активность водорослей фитопланктона водной экосистемы бассейна р. Амур.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бульон В.В. Первичная продукция планктона внутренних водоемов. Л.: Наука, 1983. 150 с.
2. Сиротский С.Е. Закономерности формирования первичной продукции планктона в экосистеме реки Амур // Оценка продуктивности фитопланктона. Новосибирск, 1993. С. 117-124.
3. Bott J.T., Dunn C.S., Naiman R.J. et al. Benthic community metabolism in four temperate stream systems. An interbiome comparison and evaluation of the river continuum concept // *Hydrobiologia*. 1985. Vol. 123, N 1. P. 1-45.
4. Jeffrey S.W., Humphrey G.F. New spectrophotometric equations for determining chlorophyll a, b, c<sub>1</sub> and c<sub>2</sub> in higher plants algae and natural phytoplankton // *Biochem., Physiol. pflanz*. 1975. Vol. 167. P. 191-194.
5. Nakanishi M., Yamamura N. Seasonal Changes in the Primary Production and Chlorophyll a Amount of Sessile Algal Community in a Small Mountain Stream Chigonosawa // *Mem. Fac. Sci. Kyoto Univ. Series of Biology*. 1984. Vol. 9. P. 41-55.
6. Parsons T.R., Strickland J.D. Discussion of spectrophotometric determination of marine plant pigments with revised equations for ascertaining chlorophylls and carotinoides // *J. Mar. Res.* 1963. Vol. 21, N 3. P. 155-163.
7. Tominaga H., Medvedeva L.A., Sirotsky S.E. Primary Production of organic matter by Sessile Algae in Kedrovaya Stream, Primorye, the Far East of Russia - A preliminary report // *Studies on the structure and function of River Ecosystems of the Far East*, 2. Report of the work supported by Japan Society for the Promotion of Science. 1992, 1993. P. 69-70.

## ДИНАМИКА ХЛОРОФИЛЛА "А" В ПОДЛЕДНОМ ФИТОПЛАНКТОНЕ И КРИОПЕРИФИТОНЕ Р. АМУР И ФАКТОРЫ, ЕЕ ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ

Криоперифитонем мы называем специфическое сообщество микроорганизмов, жизнедеятельность которых протекает на поверхности раздела твердой (нижняя поверхность льда, грани его кристаллов) и жидкой (подледная вода, межкристаллические прослойки рассола) фаз природных вод [7,8]. Так как условия обитания организмов, прикрепленных к нижней поверхности льда и омываемых подледной водой, и организмов, населяющих толщу льда, во многом различны, целесообразно разделять соответственно криоперифитон водной и ледовой фаз.

В криоперифитоне р. Амур доминирует (обычно более 99% биомассы) центрическая диатомея *Aulacosira islandica* (O. Mull) Simonsen (= *Melosira islandica* O. Mull). Пучки ее нитей, закрепляясь в межкристаллических пространствах льда, свисают с нижней поверхности в воду, образуя на границе раздела фаз "бороды" - образования с длиной нитей до 15-20 см.

Определение содержания хлорофилла "а" в толще воды и на твердых субстратах широко применяется для быстрой оценки степени развития фитопланктона и перифитона различных водных объектов, их трофического статуса и потенциальной продуктивности. До работ, начатых нами в 1980 г., исследования по экологии и продуктивности микроводорослей р. Амур в период ледостава не проводились. Данная публикация восполняет этот пробел в части, касающейся динамики и распределения хлорофилла "а" в ледовом покрове и в подледной воде р. Амур, в связи с абиотическими факторами среды.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для работы послужили полевые сборы, проведенные автором в периоды ледостава в 1982-1988 гг. на участке Нижне-