

Научный  
и общественно-политический  
журнал Президиума ДВО РАН

Журнал основан в 1932 г.

Издание прекращено в 1939 г.,  
возобновлено в 1990 г.



Дальнаука

# ВЕСТНИК

ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО  
ОТДЕЛЕНИЯ

РОССИЙСКОЙ  
АКАДЕМИИ  
НАУК

6(130). 2006

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Институту экономических исследований ДВО РАН 30 лет</i> .....	3
<b>Экономика</b>	
А.В.БАЖАНОВ. Вариационные принципы моделирования в ресурсной экономике .....	5
М.А.ПЕРУН. Основная среда предпринимательства в рамках концепции устойчивого развития.....	14
Ю.В.КОВАЛЕНКО. Приграничные транспортные связи Дальнего Востока России и Северо-Восточного Китая .....	21
Н.Б.ФИЛОБОК. Трансграничные слияния и поглощения с участием японских компаний: влияние институциональных изменений .....	27
А.П.СОРОКИН, В.З.МЕЖАКОВ, В.С.РИМКЕВИЧ, И.Ф.САВЧЕНКО, В.Д.КИЧАНОВ, Т.В.АРТЕМЕНКО. Направления формирования горно-промышленного комплекса Амурской области .....	41
<b>География. Экология</b>	
А.Т.СОРОКИНА, О.А.БУШКОВСКАЯ. Особенности формирования ресурсов подземных вод Зейско-Бурейского артезианского бассейна .....	52
С.М.ГОВОРУШКО. Ледники и их значение для человеческой деятельности .....	60
Т.В.НИКУЛИНА. Оценка экологического состояния р. Раздольная по составу индикаторных видов водорослей	71
М.О.ЗАСЫПКИНА. Влияние остатков ракетного топлива на фауну водных моллюсков .....	79
Л.А.ПРОЗОРОВА, К.В.КАВУН, М.П.ТИУНОВ, В.Е.ПАНАСЕНКО. О распространении редчайшего вида наземных моллюсков юга Дальнего Востока.....	83
<b>Наука – медицине</b>	
Ю.А.ИВАНОВСКИЙ. Радиационный гормезис. Благоприятны ли малые дозы ионизирующей радиации?	86
А.М.ПОПОВ. Механизмы биологической активности гликозидов женьшеня: сравнение с гликозидами голотурий .....	92
Т.А.КУЗНЕЦОВА, Н.Н.БЕСЕДНОВА, А.М.УРВАНЦЕВА, И.Ю.БАКУНИНА, Т.Н.ЗВЯГИНЦЕВА, Н.Н.ДРОЗД, В.А.МАКАРОВ. Сравнительное исследование биологической активности фукоиданов из бурых водорослей	105
А.В.ПОЛИЩУК, Э.Т.КАРАСЕВА, В.Е.КАРАСЕВ. Антимикробная активность и фототоксичность фторхинолонов при УФ-облучении .....	111
<b>Можно ли предсказать цунами?</b>	
Г.И.ДОЛГИХ, С.Г.ДОЛГИХ, Н.С.КОВАЛЕВ, И.А.КОРЕНЬ, В.В.ОВЧАРЕНКО, В.А.ЧУПИН, В.А.ШВЕЦ, С.В.ЯКОВЕНКО. Регистрация цунамигенного землетрясения 2004 г. ....	115
<b>Социальные проблемы</b>	
Е.Л.МОТРИЧ, С.А.КРАВЧУК. Государственная политика хозяйственного освоения и заселения Дальнего Востока с конца XIX в. до середины 1980-х годов.....	120
З.И.СИДОРКИНА, Г.Ш.ЦИЦИАШВИЛИ. Использование системного подхода в демографических исследованиях.....	129
С.С.КУЛАЖНИКОВА. Торговля людьми в международном и региональном аспектах .....	133
С.В.КОВАЛЕНКО. Советский вариант эмансипации женщин на Дальнем Востоке России в 20–30-х годах XX в.	138
А.А.АКУЛОВ. Образование и развитие военных учреждений культуры на Дальнем Востоке в 1920–1930-е годы	144
<b>Точка зрения</b>	
В.В.БОГАТОВ. Можно ли доверять Science Citation Index? .....	149
[Комментарий д.б.н. А.И.Пудовкина к статье В.В.Богатова] .....	155
<b>Ученые Дальнего Востока</b>	
«Всегда вне возраста и штампов узких...»: к 80-летию почетного профессора ДВГУ А.Ф.Прияткиной. Е.А.СТАРОДУМОВА .....	158
<b>Хроника</b>	
О современных проблемах тектоники. А.Д.ЧЕХОВ .....	163
Третьи Самсоновские чтения. Т.Б.ЕРШОВА .....	171
Авторский указатель статей, опубликованных в 2006 году.....	173

**BULLETIN OF THE FAR EASTERN BRANCH,  
RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES  
№ 6, 2006**

**CONTENTS**

<i>The Institute of Economic Investigations FEB RAS is 30 years old</i> .....	3
<b>Economics</b>	
A.V.BAZHANOV. Variation principles for modeling in resource economics .....	5
M.A.PEUN. Main business environment in terms of sustainable development .....	14
Ya.V.KOVALENKO. Frontier transport communication between the Russian Far-East and the Northeastern China	21
N.B.FILOBOK. Japanese cross-border mergers and acquisitions: influence of institutional changes.....	27
A.P.SOROKIN, V.Z.MEZHAKOV, V.S.RIMKEVICH, I.F.SAVCHENKO, V.D.KICHANOV, T.V.ARTYOMENKO. On the prospects of formation of mining industrial complex in the Amur Region .....	41
<b>Geography. Ecology</b>	
A.T.SOROKINA, O.A.BUSHKOVSKAYA. Peculiarities of formation of underground water resources within the Zeya-Bureya artesian basin.....	52
S.M.GOVORUSHKO. Glaciers and their importance for human activity.....	60
T.V.NIKULINA. Evaluation of ecological condition of Razdolnaya River (Primorye, Russia) by algal species- indicators.....	71
M.O.ZASYPKINA. Influence of the rests of rocket fuel on water mollusks fauna .....	79
L.A.PROZOROVA, K.V.KAVUN, M.P.TIUNOV, V.E.PANASENKO. About the area of the rarest land snail species of the southern Russian Far East .....	83
<b>Science – for medicine</b>	
Yu.A.IVANOVSKY. Radiation hormesis. Is low-dose ionizing irradiation favorable? .....	86
A.M.POPOV. Mechanisms of biological activity of ginsenosides: comparison with holothurian glycosides.....	92
T.A.KUZNETSOVA, N.N.BESEDNOVA, A.M.URVANTSEVA, I.Y.BAKUNINA, T.N.ZVYAGINTSEVA, N.N.DROZD, V.A.MAKAROV. Comparative investigation of biological activity of fucoidans from brown seaweeds .....	105
A.V.POLISHCHUK, E.T.KARASEVA, V.E.KARASEV. Antibacterial activity and phototoxicity of fluoroquinolones	111
<b>Is it possible to predict a tsunami?</b>	
G.I.DOLGIKH, S.G.DOLGIKH, S.N.KOVALEV, I.A.KOREN', V.V.OVCHARENKO, V.A.CHUPIN, V.A.SHVETS, S.V.YAKOVENKO. Registration of the tsunami earthquake of 2004 .....	115
<b>Social problems</b>	
E.L.MOTRICH, S.A.KRAVCHUK. State policy of economic development and settlement at the Russian Far East from the end of the 19 <sup>th</sup> century to the middle of the 1980s .....	120
Z.I.SIDORKINA, G.Sh.TSITSIASHVILI. Systems approach in demographic investigations .....	129
S.S.KOULAZHNIKOVA. Human trafficking in international and regional aspects .....	133
S.V.KOVALENKO. The Soviet type of women's emancipation in the Russian Far East in the 20–30s of the XX century .....	138
A.A.AKULOV. Foundation and development of military cultural institutions in the Far East in the 1920–1930s	144
<b>Point of view</b>	
V.V.BOGATOV. Can we trust the Science Citation Index?.....	149
[A.I.Pudovkin's comments to the article of V.V.Bogatov].....	155
<b>Scientists of the Far-East</b>	
«Always beyond the age and narrow cliché...»: on the occasion of the 80th anniversary of the Honorary Professor of FESU A.F.Priatkina. E.A.STARODUMOVA .....	158
<b>Current events</b>	
About the modern problems of tectonics. A.D.CHEKHOV .....	163
The third readings in commemoration of Academician Samsonov. T.B.YERSHOVA .....	171
<b>Author's index of papers published in 2006</b> .....	173

**Учредитель журнала Дальневосточное отделение РАН**

Главный редактор академик В.И.СЕРГИЕНКО

Ответственный секретарь С.А.МАШКИН

Редакционная коллегия:

акад. А.В.АДРИАНОВ  
акад. В.А.АКУЛИЧЕВ  
д.ф.-м.н. Л.Т.АЩЕПКОВ  
акад. П.Я.БАКЛАНОВ  
чл.-корр. РАН Б.А.ВОРОНОВ  
чл.-корр. РАН М.А.ГУЗЕВ  
(зам. главного редактора)  
акад. Ю.Н.ЖУРАВЛЕВ  
чл.-корр. РАН Ю.Н.КУЛЬЧИН  
д.и.н. В.Л.ЛАРИН  
(зам. главного редактора)

чл.-корр. РАН Б.В.ЛЕВИН  
д.х.н. М.И.МЕДКОВ  
акад. РАН П.А.МИНАКИР  
к.ф.н. Г.Ф.НИЗЯЕВА  
(зам. главного редактора)  
д.ф.-м.н. С.В.ПРАНЦ  
д.ф.-м.н. Б.Л.РЕЗНИК  
акад. В.А.СТОНИК  
акад. А.И.ХАНЧУК  
к.ф.-м.н. Д.А.ЦУКАНОВ  
д.г.-м.н. С.А.ЩЕКА

Т.В.НИКУЛИНА

## Оценка экологического состояния р. Раздольная по составу индикаторных видов водорослей

*Приводятся результаты оценки качества воды р. Раздольная (Приморье, Россия) и ее бассейна по составу индикаторных видов водорослей двумя методами – Пантле и Бука в модификации Сладечек (Pantle, Buck, 1955; Сладечек, 1967) и Ватанабе (Watanabe et al., 1986).*

**Evaluation of ecological condition of Razdolnaya River (Primorye, Russia) by algal species-indicators.**  
T.V.NIKULINA (Institute of Biology and Soil Sciences, FEB RAS, Vladivostok).

*Results of evaluation of Razdolnaya River and its basin water quality are provided. Analysis of water quality was carried out using Pantle–Buck’s method modified by Sladecsek (Pantle, Buck, 1955; Sladecsek, 1967), and by Watanabe’s method (Watanabe et al., 1986) using the presence of certain algal species as indicators of organic pollution.*

Несмотря на то что водами покрыто более 70% земной поверхности, пресные воды составляют только 3% и поэтому являются дефицитным ресурсом. Около 80% пресных вод Земли не могут быть использованы земной биотой, так как находятся в замерзшем виде. В использовании доступной пресной воды человечество сталкивается с огромной проблемой – при любом виде деятельности человека вода оказывается в разной мере загрязненной. С ростом численности населения и увеличивающейся индустриализацией общества вода используется все более интенсивно, а способность водотоков и водоемов к самоочищению постепенно ослабляется.

Основным источником загрязнения современных водных экосистем, как правило, являются бытовые и производственные сточные воды. Проведение полной схемы мероприятий по очистке загрязненных вод не всегда позволяет добиться полной степени изъятия из них некоторых органических и неорганических загрязнителей. Поэтому в настоящее время остается актуальной проблема биологического контроля за качеством природных и поступающих в них очищенных производственных вод, так как применяемые методы биоиндикации служат достаточно надежным показателем сложившейся экологической ситуации.

Под биологическим контролем качества вод, как правило, подразумевается мониторинг с использованием гидробиологического метода оценки качества воды по общему состоянию животного и растительного населения исследуемого водного объекта. В нашей стране контроль за качеством поверхностных вод гидробиологическими методами в соответствии с мировыми стандартами гидробиологических показателей качества вод был введен в 1972 г. и осуществляется в настоящее время в основном Госкомитетом по гидрометеорологии и контролю природной среды. До 1972 г. контроль проводился только по физическим и химическим показателям. Отличительной особенностью биологического метода является возможность определения качества воды в водном объекте не только в момент взятия пробы, но и в период, предшествующий моменту проведения исследования [4, 5].

---

НИКУЛИНА Татьяна Владимировна – кандидат биологических наук (Биолого-почвенный институт ДВО РАН, Владивосток).

Для оценки степени загрязнения водных объектов по показательным организмам всего биоценоза в комплексе либо по какой-то одной крупной структурной составляющей биоценоза (водные беспозвоночные, бактерии, водоросли и т.д.) существует несколько успешно применяемых во всем мире систем и методов. К их числу относятся: пионерная работа Кольквитца и Марссона, предложенная применительно к условиям средней Европы начала XX в. [15, 16], разработки Зелинки и Марвана [24, 25], Кнёппа [13, 14], Пантле и Бука [18], Сладечека [6, 20], Ротшайна (по: [4]) и большое число их модификаций.

В последние 15–20 лет все более активно используются индексы качества воды, основанные на видовом разнообразии одного из элементов пресноводных сообществ. В частности, для диатомовых водорослей разными авторами разработано несколько подобных индексов, основа которых базируется на свойстве Bacillariophyta образовывать в зависимости от изменяющихся экологических условий сообщества, разительно отличающиеся между собой по видовому составу: индекс Деси [11], индекс диатомовых сообществ (Diatom Assemblage Index to organic water pollution, DA<sub>И</sub>рo) [8, 9, 22, 23], индекс Леклера и Маке [17], индекс Комиссии для Экономического сообщества (the Commission for Economical Community index) [12], индекс родов Bacillariophyta (Generic Diatom Index) [10] и некоторые другие. Обзор диатомовых индексов и их сравнительные характеристики изложены в работе Л.Н.Бухтияровой [1], там же автор обсуждает эколого-биологические особенности диатомовых водорослей, определяющие преимущество представителей отдела Bacillariophyta для биоиндикации по сравнению как с другими группами водорослей, так и с беспозвоночными. Наиболее важными из названных данным автором свойств диатомовых водорослей для биомониторинга качества водной среды являются, на наш взгляд, следующие: широкое распространение диатомей в разных типах водоемов на протяжении всего вегетационного периода; высокая чувствительность диатомовых водорослей к качеству воды (содержанию органических и неорганических веществ); короткий жизненный цикл, который обуславливает быструю реакцию на смену экологических условий; лучшая изученность экологических особенностей Bacillariophyta по сравнению с другими водорослями.

В предлагаемой работе сделана попытка обобщить результаты многолетнего мониторинга по оценке качества воды р. Раздольная и ее притоков, проведенного биоиндикационными методами.

Река Раздольная – самая протяженная и экономически значимая водная артерия юга Приморья (см. рисунок). Ее бассейн – один из самых крупных сельскохозяйственных районов края. Там же расположено около 70 промышленно-хозяйственных предприятий (угледобывающие, пищевой промышленности, машиностроения, по производству строительных материалов), хорошо развита инфраструктура, в том числе автомобильные и железнодорожные транспортные сети. Водные ресурсы бассейна очень важны для населения как источник бытового и питьевого водоснабжения, место отдыха. Вылов рыбы здесь составляет несколько десятков тонн в год, в устьевой части добывают моллюсков из рода корбикула. В пределах бассейна реки расположены особо охраняемые природные территории: часть государственного биосферного заповедника «Уссурийский», заказники «Борисовское плато» и Полтавский государственный зоологический, 40 памятников природы и дендрарий Горнотаежной станции ДВО РАН.

Интенсивное освоение природных богатств южной части Приморского края способствует значительному загрязнению наземных и водных экосистем бассейна р. Раздольная. Основными источниками загрязнения являются животноводческие и промышленно-хозяйственные предприятия, места хранения органических и минеральных удобрений, сельскохозяйственные поля, коммунально-бытовые и промышленные сточные воды г. Уссурийск. При залповых сбросах загрязненные воды р. Раздольная поступают в Амурский залив, что приводит к гибели морских гидробионтов и делает непригодным побережье залива для рекреационных целей.

Особенно показательным для демонстрации возможностей методов биоиндикации представляется один из притоков р. Раздольная – р. Комаровка. Ее верховья расположены на территории Уссурийского заповедника, где полностью исключено какое-либо негативное антропогенное воздействие на водоток, среднее течение реки находится в зоне достаточно интенсивного сельскохозяйственного возделывания земель, а нижнее подвергается мощному антропогенному прессингу: именно здесь расположены стоки коллектора г. Уссурийск, железнодорожных предприятий, мясокомбината, сахарного завода, картонной фабрики и кожевенного комбината.

В целях разработки стратегии мониторинговых наблюдений за состоянием гидроэкосистем бассейна р. Раздольная было проведено исследование альгофлоры, включающее получение данных о видовом составе, экологии, распространении, толерантности водорослей к антропогенному воздействию, а также проведение оценки качества воды по составу видов-индикаторов в водотоках, расположенных в зонах с различной степенью антропогенной нагрузки. Санитарно-биологический анализ качества воды проведен по наиболее широко применяемому в Европе и нашей стране методу Пантле и Бука [18] в модификации Сладечека [6, 19, 20], а в реках Раздольная и Комаровка, кроме того, при помощи индекса DA<sub>pro</sub>, разработанного Ватанабе с соавторами [22, 23]. Работы проводились в период с 1984 по 2003 г. на 73 станциях (см. рисунок), расположенных на реках Раздольная, Комаровка, Правая Комаровка, Раковка, Лихачевка, Борисовка и Раковском водохранилище.

*Определение качества воды р. Раздольная по методу Пантле и Бука в модификации Сладечека* основано на чувствительности многих видов водорослей к присутствию в воде органических веществ. В данном методе используется система определения сапробности (способности организмов выдерживать различную степень органического загрязнения воды), предложенная Р.Кольквитцем и М.Марссоном в 1908 г. [15]. Согласно этой системе

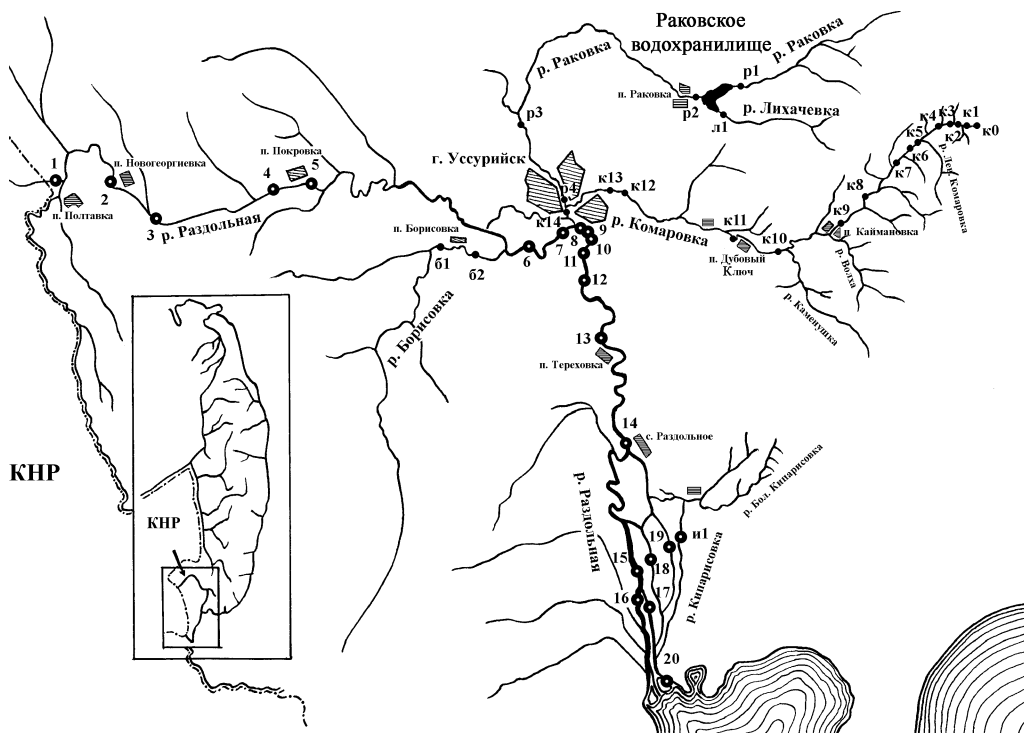


Схема расположения точек отбора проб в бассейне р. Раздольная

все водоемы в зависимости от степени их загрязнения органическими веществами подразделяют на олиго-, мезо- и полисапробные. Водоросли, способные развиваться и успешно вегетировать в воде с теми или иными концентрациями органических веществ, являются видами-индикаторами, или показателями качества воды. Одни виды существуют только в исключительно чистой воде, другие выдерживают значительные загрязнения. Индикаторные виды подразделены на пять сапробиологических групп: ксеносапробионты (обитающие в очень чистых водах), олигосапробионты (в практически чистых водах), бетамезосапробионты (выдерживающие слабое органическое загрязнение и при этом активно развивающиеся), альфамезосапробионты (выдерживающие значительную степень органического загрязнения), полисапробионты (продолжающие жизнедеятельность в сильно загрязненных и сточных водах). Каждый из индикаторных видов имеет определенную степень сапробности, которая в свою очередь выражается индексом сапробности.

Первым и главным этапом данного метода является тщательное выявление видов-индикаторов органического загрязнения вод. Видовые значения индексов сапробности (s) сведены в списки индикаторов сапробности [2, 7, 19]. Индекс сапробности водоема или его участка – это среднее арифметическое значение индексов сапробности всех качествен-

ных альгологических проб, которые вычисляются по формуле: 
$$S = \frac{\sum s \cdot h}{\sum h}$$
, где S – индекс сапробности пробы; s – индекс сапробности индикаторного вида; h – частота встречаемости сапробионта в пробе по шестибальной шкале Кордэ [3].

Согласно методу Пантле–Бука предполагается, что для каждого индикаторного организма характерно обитание в определенной зоне загрязнения, но в действительности виды, как правило, могут в разной мере выдерживать различную степень загрязнения. Сладечек, используя понятие сапробных валентностей, введенное Зелинке и Марвином [24, 25], уточнил значения индексов сапробности для каждого индикаторного вида, т.е. произвел перевод качественных оценок видов в количественные. Если Пантле и Бук олигосапробионтным видам присвоили индекс, равный 1, бетамезосапробионтным – 2, альфамезосапробионтным – 3, полисапробионтным – 4, то Сладечек заменил индексы сапробности для многих показательных организмов на дробные значения: для каждого вида, встречающегося кроме основной для него зоны в более загрязненной, значение s было увеличено, а для видов, встречающихся в основной и менее загрязненной зонах, – уменьшено на десятые доли единицы. Для видов-индикаторов, встречающихся только в одной зоне сапробности, индексы остались без изменений (по: [4]).

Анализ всей флоры водорослей бассейна р. Раздольная показал, что индикаторами степени сапробности воды являются 393 вида и разновидности водорослей, или 52,2% от общего их числа. Олигосапробионты и бетамезосапробионты представлены равноценно, по чуть более 150 таксонов в каждой группе, что составляет 20,4 и 20,7% от общего числа таксонов соответственно. Менее многочисленные группы ксеносапробионтов и альфамезосапробионтов включают 39 (5,2%) и 38 (5,1%) таксонов соответственно. Вклад группы полисапробионтов – 6 таксонов, т.е. 0,8% от общего их числа (табл. 1).

При сравнении численного и процентного содержания сапробиологических групп рек Раздольная, Раковка, Лихачевка, Борисовка, Кипарисовка и Раковского водохранилища отмечено преобладание видов, относящихся к группе бетамезосапробионтов, далее в порядке убывания следуют группы олигосапробионтов, ксеносапробионтов, альфамезосапробионтов и полисапробионтов. Исключение составляет флора водорослей р. Комаровка, в которой группа олигосапробионтов содержит наибольшее число видов-индикаторов.

Оценка степени органического загрязнения воды на 13 станциях в среднем течении р. Раздольная (от российско-китайской границы до пос. Тереховка) проведена по присутствию индикаторных видов водорослей перифитона, в нижнем течении (от пос. Раздольное до устья реки) – по индикаторным организмам фитопланктона. Было установлено, что

**Соотношение индикаторных видов водорослей по степени сапробности  
в альгофлоре бассейна р. Раздольная**

Сапробиологическая группа	Степень сапробности видов-индикаторов	Число таксонов	% от общего числа таксонов
Ксеносапробионты ( $\chi$ ), ( $S = 0-0,50$ )		39	5,2
	$\chi$	20	2,7
	$\chi$ -o	13	1,7
	o- $\chi$	6	0,8
Олигосапробионты (o), ( $S = 0,51-1,50$ )		154	20,4
	$\chi$ - $\beta$	4	0,5
	o	127	16,9
Бетамезосапробионты ( $\beta$ ), ( $S = 1,51-2,50$ )		156	20,7
	$\beta$ -o	3	0,4
	o- $\alpha$	3	0,4
	$\beta$	130	17,2
Альфа-мезосапробионты ( $\alpha$ ), ( $S = 2,51-3,50$ )		38	5,1
	$\alpha$ - $\beta$	5	0,7
	$\beta$ - $\rho$	0	0
	$\alpha$	33	4,4
	$\alpha$ - $\rho$	0	0
Полисапробионты ( $\rho$ ), ( $S = 3,51-4,50$ )		6	0,8
	$\rho$ - $\alpha$	3	0,4
	$\rho$	3	0,4
Не определены		360	47,8
Всего		753	100

значения индекса сапробности находились в пределах от 1,52 до 1,90 (табл. 2). Повышение средних значений индекса наблюдается начиная с 8-й станции, расположенной вблизи Уссурийска на 500 м ниже впадения р. Комаровка. Таким образом, воды р. Раздольная до Уссурийска имеют степень сапробности  $\beta$ -o, ниже него –  $\beta$ -o–o- $\alpha$ , что соответствует бетамезосапробной зоне, III классу чистоты вод (II класс – чистая питьевая вода, III класс – умеренно загрязненная, пригодная для питья с особыми мерами предосторожности).

Оценка степени органического загрязнения воды р. Комаровка проведена по присутствию индикаторных видов водорослей в перифитонных сообществах. В верхнем течении р. Комаровка (ст. к1–к6), это территория Уссурийского заповедника, воды соответствуют олигосапробной зоне и II классу чистоты, имеют степень сапробности o- и o- $\beta$ , т.е. качество вод классифицируется как очень хорошее (табл. 2). Наиболее чистые воды отмечены на первых двух станциях ( $S = 1,02-1,28$ ). Вниз по течению, до станции к13, качество вод постепенно ухудшается ( $S = 1,21-1,71$ ) и на всей протяженности данного участка реки воды имеют  $\beta$ -o-сапробную степень и относятся к бетамезосапробной зоне, III классу чистоты. Самый нижний участок реки в районе г. Уссурийск (ст. к14), обладая тем же классом чистоты воды, по степени сапробности принадлежит к  $\beta$ -мезосапробным, здесь значение индекса сапробности за весь период исследования стабильно оставалось самым высоким ( $S = 2,01-2,09$ ).

Исследования в других водотоках бассейна р. Раздольная и Раковского водохранилища показали, что воды р. Раковка выше Раковского гидроузла являются o- $\beta$ -мезосапробными, II класса чистоты, рек Лихачевка, Борисовка, Кипарисовка и нижнего течения р. Раковка –  $\beta$ -o-сапробными, III класса чистоты. За весь период наблюдений средние значения

Сапробные показатели для рек Раздольная и Комаровка

Станция	Значения индекса сапробности (S)	Степень сапробности	Класс чистоты вод
Река Раздольная (1989–1997 гг.)			
1	1,55–1,67	$\beta$ -o	III
2	1,54–1,65	$\beta$ -o	III
3	1,66	$\beta$ -o	III
4	1,68	$\beta$ -o	III
5	1,53–1,70	$\beta$ -o	III
6	1,52–1,62	$\beta$ -o	III
7	1,61	$\beta$ -o	III
8	1,82	o- $\alpha$	III
9	1,72–1,75	$\beta$ -o	III
10	1,60–1,68	$\beta$ -o	III
11	1,63–1,69	$\beta$ -o	III
12	1,54–1,59	$\beta$ -o	III
13	1,60–1,84	$\beta$ -o – o- $\alpha$	III
14	1,69–1,78	$\beta$ -o	III
15	1,80	$\beta$ -o	III
16	1,64–1,82	$\beta$ -o – o- $\alpha$	III
17	1,60–1,80	$\beta$ -o	III
18	1,82	o- $\alpha$	III
19	1,78	$\beta$ -o	III
20	1,67–1,90	$\beta$ -o – o- $\alpha$	III
Река Комаровка (1994–1999 гг.)			
к1	1,02–1,13	o	II
к2	1,08–1,28	o	II
к3	1,28–1,43	o – o- $\beta$	II
к4	1,21–1,35	o	II
к5	1,26–1,41	o – o- $\beta$	II
к6	1,30–1,36	o	II
к7	1,60–1,66	$\beta$ -o	III
к8	1,55	$\beta$ -o	III
к9	1,49–1,58	o- $\beta$ – $\beta$ -o	II–III
к10	1,40–1,60	o – $\beta$ -o	II–III
к11	1,52–1,58	$\beta$ -o	III
к12	1,52–1,67	$\beta$ -o	III
к13	1,71	$\beta$ -o	III
к14	2,01–2,09	$\beta$	III

индекса сапробности для собственно водохранилища изменялись от 1,30 до 1,75. Таким образом, вода в нем в различные периоды может быть отнесена к o- и  $\beta$ -мезосапробным зонам II и III класса чистоты.

*Определение качества воды по методу Ватанабе* основано на использовании в роли видов-индикаторов органического загрязнения исключительно эпиплитических (поселяющихся на поверхности камней) диатомовых водорослей. Для каждой пробы высчитывается доля всех видов-индикаторов относительно 600 просмотренных подряд в препарате створок. Для каждого вида диатомовых водорослей определен индекс толерантности (D), согласно которому виды выстроены в ранжированный ряд. В начале этого ряда стоит *Nitzschia palea* (D = 0), в конце – *Achnanthes japonica* (D = 100), значения D остальных



диатомовых водорослей промежуточные, они разделены на три экологические группы:  $0 \leq D \leq 29$  – сапрофилы,  $30 \leq D \leq 74$  – эврисапробы,  $75 \leq D \leq 100$  – сапроксены.

Индекс диатомового комплекса органического загрязнения DA<sub>Ip</sub> (Diatom Assemblage Index to organic water pollution) рассчитывается по формуле [24]:  $DA_{Ip} = 50 + \frac{1}{2} \left( \sum_{i=1}^p X_i - \sum_{j=1}^q S_j \right)$ , где  $\sum_{i=1}^p X_i$  – сумма относительных встречаемостей видов-сапроксов на станции отбора проб (%),  $p$  – число сапроксов на станции,  $\sum_{j=1}^q S_j$  – сумма относительных встречаемостей видов-сапрофилов на станции отбора проб (%),  $q$  – число сапрофилов на станции.

Значения индекса DA<sub>Ip</sub> р. Раздольная на обследованном участке от российско-китайской границы до пос. Тереховка (станции 1–13) изменяются в пределах от 47,84 до 90,5. При посезонном сравнении значений DA<sub>Ip</sub> отмечено, что наибольшие показатели приходятся на участок реки с 1-й по 7-ю станцию включительно (выше г. Уссурийск), ниже по течению, станции 8–13, индекс DA<sub>Ip</sub> существенно уменьшается. Например, в июне 1992 г. в диатомовых сообществах на участке р. Раздольная, расположенном выше Уссурийска, отмечали невысокое содержание сапрофилов – 0,00–2,50%, а содержание сапроксов превышало 50% (51,03–73,50%), отсюда и высокие значения индекса DA<sub>Ip</sub> – стабильно выше 74 (74,27–86,56). Ниже Уссурийска DA<sub>Ip</sub> изменялось в пределах от 65,42 до 72,50, доля сапрофилов существенно увеличивалась (1,33–4,67%), а сапроксов, как правило, – не превышала 50% (37,67–50,83%).

Для р. Комаровка на верхнем и среднем участках водотока (станции к1–к11) индекс DA<sub>Ip</sub> имеет наиболее высокие значения – 65,76–98,1, на нижнем участке (ст. к12–к13) – в пределах 55,34–79,00, а в зоне Уссурийска (ст. к14) – наименьшие, 28,60–53,5.

Таким образом, определение качества воды с использованием индекса DA<sub>Ip</sub> дало сходные результаты с полученными более традиционным методом Пантле–Бука в модификации Сладечека. Согласно классификации Ватанабе, участки р. Раздольная, расположенные выше Уссурийска, имеют высокое (значения DA<sub>Ip</sub> выше 74) и среднее качество воды (индекс DA<sub>Ip</sub> соответствует эврисапробной зоне и находится в пределах от 30 до 74), качество вод ниже города может быть классифицировано как среднее. Воды р. Комаровка на всей протяженности водотока имеют среднее и высокое качество, за исключением участка, расположенного в пределах Уссурийска, где низкое качество воды соответствует сапрофильной зоне.

Выражаю свою особенную признательность и благодарность профессору Тошихару Ватанабе (Toshiharu Watanabe, President of the Japanese Society of Diatomology, Kyoto, Japan) и доктору Казуми Асаи (Kazumi Asai, Department of Biology, Medical College, Osaka, Japan) за ценные советы и рекомендации при отборе, обработке и анализе данных с использованием индекса диатомового комплекса органического загрязнения (DA<sub>Ip</sub>), а также Татьяне Сергеевне Вшивковой (БПИ ДВО РАН) за квалифицированную помощь при проведении совместных исследований в бассейне р. Раздольная.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бухтиярова Л.Н. Bacillariophyta в биомониторинге речных экосистем. Современное состояние и перспективы использования // Альгология. 1999. Т. 9, № 3. С. 89–103.
2. Водоросли: справочник. Киев: Наук. думка, 1989. 608 с.
3. Кордэ Н.В. Методика биологического изучения донных отложений озер (полевая работа и биологический анализ) // Жизнь пресных вод СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1956. Т. 4, ч. 1. С. 383–413.
4. Макрушин А.В. Биологический анализ качества вод. Л.: Зоол. ин-т АН СССР, 1974. 60 с.
5. Мисейко Г.Н., Безматерных Д.М., Тушкова Г.И. Биологический анализ качества пресных вод. Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2001. 201 с.
6. Сладечек В. Общая биологическая схема качества воды // Санитарная и техническая гидробиология: материалы I съезда Всесоюз. гидробиол. о-ва. М.: Наука, 1967. С. 26–31.
7. Унифицированные методы исследования качества вод. Ч. 3. Методы биологического анализа вод. М.: СЭВ, 1984. С. 69–102.

8. Asai K. Statistic classification of epilithic diatom species into three ecological groups relating to organic water pollution. Method with coexistence index (1) // *Diatom*. 1995. N 10. P. 13-34.
9. Asai K., Watanabe T. Statistic classification of epilithic diatom species into three ecological groups relating to organic water pollution. Saprophilous and saproxenous taxa (2) // *Diatom*. 1995. N 10. P. 35-47.
10. Coste M., Ayphassorho H. Etude de la qualite des eaux du Bassin Artois-Picardie a l'aide des communautés de diatomées benthiques (Application des indices diatomiques): Rapport Cemagref Bordeaux. Lyon: Agence de l'Eau Artois-Picardie, Douai, 1991. 227 p.
11. Descy J.P. A new approach to water quality estimation using diatoms // *Nova Hedwigia*. 1979. Vol. 64. P. 305-323.
12. Descy J.P., Coste M. A test of methods for assessing water quality based on diatoms // *Verhandlung Int. Vereinigung de Limnologie*. 1991. Bd 24, N 4. S. 2112-2116.
13. Knöpp H. Grundsätzlichen zur Frage biologischer Vorfluteruntersuchungen, erläutern an einem Gütelängsschnitt des Mains // *Arch. Hydrobiol.* 1955. Bd 22, N 3/4. S. 363-368.
14. Knöpp H. Stoffwechselfynamische Untersuchungsverfahren für die biologische Wasseranalyse // *Int. Revue Gesamt. Hydrobiol. Hydrogr.* 1968. Bd 53(3). S. 409-441.
15. Kolkwitz R., Marsson M. Ökologie der pflanzlichen Saprobien // *Berichte der Deutsch. Botan. Gesellsch.* 1908. Bd 26A. S. 505-519.
16. Kolkwitz R., Marsson M. Ökologie der Saprobien // *Intern. Rev. Hydrobiol.* 1909. Bd 2. S. 126-152.
17. Leclercq L., Maquet B. Deux nouveaux indices chimique et diatomique de qualite d'eau courante. Application au Samson et a ses affluents (bassin de la Meuse belge). Comparaison avec d'autres indices chimiques, biocenotiques et diatomiques. Document de travail. Inst. Roy. Sci. Natur. Belg., 1987. 113 p.
18. Pantle F., Buck H. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse // *Gas- und Wasserfach*. 1955. Bd 96, N 18. 604 S.
19. Sládeček V. Diatoms as indicators of organic pollution // *Acta Hydrochim. Hydrobiol.* 1986. Vol. 14, N 5. P. 555-566.
20. Sládeček V. System of water quality from the biological point of view // *Arch. Hydrobiol.* 1967. Bd 7. S. 1-218.
21. Watanabe T., Asai K., Houki A. Numerical estimation to organic pollution of flowing water using the epilithic diatom assemblage – Diatom Assemblage Index (DAIpo) // *The Science of the Total Environment*. 1986. N 55. P. 209-218.
22. Watanabe T., Asai K., Houki A. Numerical index of water quality using diatom assemblages // *Biological monitoring of environmental pollution*. Tokai: Univ. Press, 1988. P. 179-192.
23. Watanabe T., Asai K., Houki A., Tanaka S., Hizuka T. Saprophilous and eurysaprobic diatom taxa to organic water pollution and Diatom Assemblage Index (DAIpo) // *Diatom*. 1986. N 2. P. 23-73.
24. Zelinka M., Marvan P. Bemerkungen zu neuen Methoden der saprobiologischen Wasserbeurteilung // *Verhandlung Int. Vereinigung de Limnologie*. 1966. Bd 16. S. 817-822.
25. Zelinka M., Marvan P. Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer // *Arch. Hydrobiol.* 1961. Bd 57, N 3. S. 389-407.