

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Камчатский государственный технический университет»

**ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ, ИХ СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ,  
ОХРАНА, ПРОМЫСЛОВОЕ И ТЕХНИЧЕСКОЕ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ**

*Материалы  
VII Всероссийской научно-практической конференции  
с международным участием  
(22–24 марта 2016 г.)*

***Часть II***

Петропавловск-Камчатский  
2016

УДК 504  
ББК 20.1  
П77

Ответственный за выпуск

*В.И. Карпенко,*  
доктор биологических наук

Редакционная коллегия

*К.В. Алтухов, к.т.н.; Л.Н. Саушкина, к.б.н.; А.А. Бонк, к.б.н.;*  
*М.В. Ефимова, к.б.н.; Л.М. Хорошман, к.г.н.;*  
*Н.А. Ступникова, к.б.н., А.А. Марченко*

П77

**Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование** : материалы VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (22–24 марта 2016 г.) : в 2 ч. / отв. за вып. В.И. Карпенко. – Ч. II. – Петропавловск-Камчатский : КамчатГТУ, 2016. – 146 с.

ISBN 978-5-328-00349-0

ISBN 978-5-328-00351-3 (ч. II)

В сборнике рассматриваются вопросы природопользования, состояния запасов природных ресурсов и их преобразования в продукты потребления и жизнеобеспечения человека. Авторами представленных докладов являются ведущие сотрудники научно-исследовательских институтов, преподаватели, аспиранты высших учебных заведений и сотрудники организаций, осуществляющих деятельность в области рационального природопользования.

Сборник материалов опубликован в авторской редакции.

УДК 504  
ББК 20.1

ISBN 978-5-328-00351-3 (ч. II)  
ISBN 978-5-328-00349-0

© КамчатГТУ, 2016  
© Авторы, 2016

## СОДЕРЖАНИЕ

### Секция 3. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

<b>Гайдук А.С.</b> Оценка вегетационного индекса геосистем Речицкого района (Гомельская область, Беларусь) .....	5
<b>Гамаюнова О.А.</b> Экологическая характеристика бухт Козьмина и Врангеля (залив Петра Великого, Японское море) по кислородным показателям .....	7
<b>Гапонова Т.В.</b> Центрографический метод изучения распространения, взаимосвязей и динамики природных и социально-экономических явлений .....	12
<b>Голованева А.Е.</b> Проблема загрязнения озера Халактырского и варианты его биологической реабилитации .....	15
<b>Жилин А.Ю., Плотицына Н.Ф.</b> Содержание загрязняющих веществ в промысловых рыбах Баренцева моря в 2015 году .....	20
<b>Жильцова Л.В.</b> Роль вида-эдификатора в образовании консорциев анфельдии .....	25
<b>Лаптева А.М.</b> Экотоксикологические особенности распределения микроэлементов в камчатском крабе ( <i>Paralithodes camtschaticus</i> ) Баренцева моря .....	28
<b>Плотицына Н.Ф., Зимовейскова Т.А.</b> Персистентные хлорированные углеводороды в донных отложениях Баренцева моря на стандартном разрезе «Кольский меридиан» .....	33
<b>Саушкина Л.Н., Лонгинова Р.В.</b> О возможности восстановления экологического состояния озера Култучное биопрепаратом микросим «ПОНД ТРИТ» .....	38
<b>Соколов А.С., Сивакова Т.А.</b> Геоэкологическое районирование Белоруссии .....	42
<b>Соколова В.В.</b> Оценка ассимиляционного потенциала морской воды по величине биодеградации нефтяных углеводородов .....	47
<b>Столяров А.П.</b> Продукция и потоки энергии в экосистеме песчано-илистой литорали губы Грязной (Кандалакшский залив, Белое море) .....	50
<b>Ступникова Н.А., Салихова Т.В.</b> Экологическое состояние снежного покрова в г. Петропавловске-Камчатском .....	54
<b>Федоренко А.Ю., Соколов А.С.</b> Оценка ландшафтного разнообразия Белоруссии .....	59
<b>Харькова А.В.</b> Особенности антропогенной трансформации ландшафтов юго-востока Беларуси .....	62
<b>Черкашин С.А., Пряжевская Т.С.</b> Оценка состояния вод дальневосточных морей и северо-западной части Тихого океана по выживаемости ракообразных в экспериментах .....	66
<b>Шершнев О.В., Ясовеев М.Г.</b> Гидрогеоэкологическое состояние пресных подземных вод в республике Беларусь .....	71

#### Секция 4. ОХРАНА И РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

<b>Абдуллина А.Г., Айдарова А.З.</b> Природно-рекреационные ресурсы как предпосылки развития туризма в регионе (на примере Западного Казахстана) .....	76
<b>Афейчук Л.С.</b> Особенности распределения ресурсов анадары Броутона ( <i>Anadara broughtonii</i> ) в скоплении Амурского залива (Японское море) и ведение промысла .....	81
<b>Афейчук Л.С.</b> Особенности распределения ресурсов анадары Броутона ( <i>Anadara broughtonii</i> ) в скоплении Уссурийского залива (Японское море) и ведение промысла .....	87
<b>Белавина О.А., Швецов В.А.</b> Исследование влияния геометрической формы кюветы на скорость процесса сушки проб минерального сырья .....	93
<b>Белавина О.А., Швецов В.А.</b> Исследование зависимости скорости процесса сушки пробы минерального сырья материала кюветы .....	97
<b>Белавина О.А., Швецов В.А.</b> Разработка устройства для перемешивания групповых проб золотосодержащих руд .....	101
<b>Ильченко И.А.</b> Экологическое прогнозирование и анализ результативности природоохранных мероприятий .....	103
<b>Кубесова Г.Т.</b> Рекреационная оценка природных ландшафтов Западного Казахстана .....	108
<b>Лазарев Г.А.</b> Обследование участков лесных культур сосны обыкновенной в центральной Камчатке .....	112
<b>Опрышко Б.А., Швецов В.А., Белавина О.А.</b> Повышение эффективности мониторинга подземных пресных вод Быстринского месторождения .....	117
<b>Потапов В.В., Бровкин А.Е.</b> Мембраны в очистке воды – история и перспективы .....	120
<b>Потапов В.В., Кашпура В.П., Горев Д.С., Бровкин А.Е.</b> Нанокремнезем на основе гидротермальных растворов: получение, характеристики, применение в строительной индустрии .....	127
<b>Рудько В.С.</b> Особенности режима артезианских вод зоны замедленного водообмена (на примере юго-востока Беларуси) .....	136
<b>Швецов В.А., Опрышко Б.А., Белавина О.А., Кириносенко В.В.</b> Влияние инновационных мероприятий, выполненных на Быстринском месторождении питьевых подземных вод, на качество воды .....	141
Список организаций – участников конференции и их адреса .....	144

### Секция 3. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

УДК 528.8:581.88(476.2)

**А.С. Гайдук**

*Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины,  
Гомель, 246019  
e-mail: alsokol@tut.by*

#### **ОЦЕНКА ВЕГЕТАЦИОННОГО ИНДЕКСА ГЕОСИСТЕМ РЕЧИЦКОГО РАЙОНА (ГОМЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ, БЕЛАРУСЬ)**

В статье показано применение данных дистанционного зондирования Земли и геоинформационных технологий для определения пространственного распределения значения вегетационного индекса NDVI по территории Речицкого района.

**Ключевые слова:** вегетационный индекс, оценка геосистем, программа MultiSpec.

**A.S. Gayduk**

*F. Skorina Gomel State University,  
Gomel, 683003  
e-mail: alsokol@tut.by*

#### **VEGETATION INDEX OF RECHITSA DISTRICT GEOSYSTEM EVALUATION (GOMEL REGION, BELARUS)**

The article shows using Earth distant scanning data and modern geoinformational technologies for determination of spatial distribution of vegetation index NDVI on the territory of Rechitsa district.

**Key words:** vegetation index, geosystem evaluation, program MultiSpec.

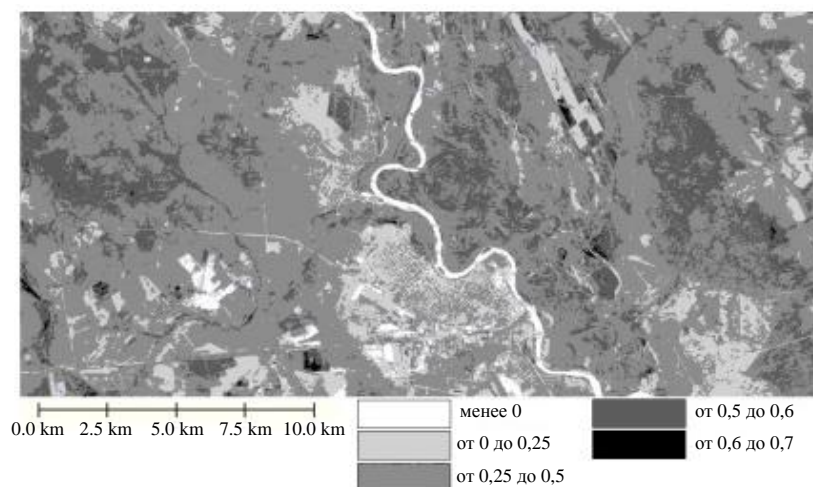
Дистанционная оценка характеристик и экологического состояния природных и природно-антропогенных геосистем в настоящее время получает всё большее распространение, что связано с возрастанием доступности материалов дистанционного зондирования, сравнительно низкими трудовыми и финансовыми затратами, постоянным увеличением возможностей съёмочных систем. Одним из наиболее распространённых показателей, применяемых в системе дистанционного мониторинга и оценки геосистем, является вегетационный индекс.

Целью настоящей работы являлась оценка вегетационного индекса геосистем Речицкого района на основе данных дистанционного зондирования Земли. Исследование проводилось на основе цифрового снимка спутника Landsat 7, выполненного 18.08.2006. Пространственное разрешение 30 м/пикс., радиометрическое разрешение 8 бит.

Территория исследования (рис.) находилась в восточной части Полесской ландшафтной провинции в пределах Речицкого района Гомельской области. Включает три рода ландшафтов – аллювиально-террасированные (восточная часть), пойменные (пойма реки Днепр, пересекающей территорию с северо-запада на юго-восток) и моренно-зандровые (западная часть). Климат района умеренно-континентальный. Средняя температура января  $-6.6$  °С, июля  $+18.4$  °С. За год выпадает 655 мм осадков. Лесистость территории составляет 43%. Преобладают сосновые леса (39% от всех лесов района), березовые составляют 26%, черноольховые 19%, дубовые 15%.

Знания о связи структуры и состояния растительности с ее отражательными способностями позволяют использовать космические снимки для идентификации типов растительности и их состояния [1]. Для этого применяется вегетационный индекс (ВИ) – показатель, рассчитываемый

в результате операций с разными спектральными диапазонами (каналами) данных дистанционного зондирования, и имеющий отношение к параметрам растительности в данном пикселе снимка. Эффективность ВИ определяется особенностями отражения; эти индексы выведены, главным образом, эмпирически.



Значение вегетационного индекса геосистем Речицкого района

В настоящее время существует около 160 вариантов вегетационных индексов. Они подбираются экспериментально (эмпирическим путем), исходя из известных особенностей кривых спектральной отражательной способности растительности и почв.

Расчет большей части вегетационных индексов базируется на двух наиболее стабильных (не зависящих от прочих факторов) участках кривой спектральной отражательной способности растений. На красную зону спектра (0,62–0,75 мкм) приходится максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом, а на ближнюю инфракрасную зону (0,75–1,3 мкм) максимальное отражение энергии клеточной структурой листа. То есть высокая фотосинтетическая активность (связанная, как правило, с большой фитомассой растительности) ведет к более низким значениям коэффициентов отражения в красной зоне спектра и большим значениям в ближней инфракрасной. Как известно, отношение этих показателей друг к другу позволяет четко отделять растительность от прочих природных объектов [2].

Наиболее популярный и часто используемый вегетационный индекс – NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), который для растительности принимает положительные значения, и чем больше зелёная фитомасса, тем он выше. NDVI рассчитывается по формуле:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED},$$

где *NIR* – интенсивность излучения в ближнем инфракрасном диапазоне (для снимков спутника Landsat 7 – 760–900 нм),

*RED* – интенсивность излучения в красном диапазоне (630–690 нм).

Определение NDVI осуществлялось с помощью опции New Channel from General Algebraic Transformation программы *MultiSpec*. Визуализация результатов (рис.) с разбивкой пикселей на диапазоны по значению индекса осуществлялась в ГИС *Global Mapper*.

Результаты исследования показывают, что геосистемы со значением индекса 0,6–0,7 занимают незначительную площадь. Площадь геосистем со значением индекса от 0,5 до 0,6 более существенна, что позволяет проследить распространение лесов с относительно высокой фитомассой в районе. Территории с  $NDVI < 0,25$  позволяют идентифицировать нерастительные объекты – застроенные территории, водные объекты, участки с открытой почвой.

### Литература

1. Черепанов А.С. Вегетационные индексы // Геоматика. – № 2. – 2011. – С. 98–102.
2. Черепанов А.С., Дружинина Е.Г. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы // Геоматика. – № 3. – 2009. – С. 28–32.

УДК [551.46.09:502.51+574.63](265.54.04)

**О.А. Гамаюнова<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>*Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского,  
Владивосток, 690059;*

<sup>2</sup>*Дальневосточный федеральный университет,  
Владивосток, 690922  
e-mail: oldoha@mail.ru*

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БУХТ КОЗЬМИНА И ВРАНГЕЛЯ  
(ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)  
ПО КИСЛОРОДНЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ**

Изучено состояние среды двух бухт залива Петра Великого Японского моря, находящихся в состоянии экономического развития, Козьмина и Врангеля в летний период 2012–2014 гг. Выполнен гидрохимический контроль с использованием кислородных (растворенный кислород, биохимическое потребление кислорода, перманганатная окисляемость) и фосфорных (фосфор органический и фосфор минеральный) показателей. Установлено, что воды изученных бухт относятся к категории «малозагрязненные». Среда обеих бухт удовлетворяет требованиям для хозяйственных водоемов.

Ключевые слова: бухты Козьмина и Врангеля, мониторинг, загрязнение, кислородный режим, гидрохимия, растворенный кислород.

**O.A. Gamayunova<sup>1,2</sup>**

*Maritime State University named after admiral G.I. Nevelskoy,  
Vladivostok, 690059;*

*Far Eastern Federal University,  
Vladivostok, 690922  
e-mail: oldoha@mail.ru*

**ECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF WRANGEL AND KOZMINA BIGHTS  
(PETER THE GREAT BAY, SEA OF JAPAN): OXYGEN INDICATORS**

The environmental conditions of two bights, Kozmina and Wrangel (the Gulf of Peter the Great Bay, sea of Japan) have been analyzed (summer 2012–2014). This article deals with hydrochemical monitoring, using oxygen (dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, permanganate oxidation) and phosphate (phosphorus and organic phosphorus mineral) indicators. It has been found that the water of the bays can be classified as "uncontaminated". The environmental conditions of two bights meet the demands for fisheries waters.

**Key words:** Kozmina and Wrangel bights, monitoring, pollution, oxygen conditions, hydrochemistry, dissolved oxygen.

**Введение**

В настоящее время экологическое состояние бухт Козьмина и Врангеля (залив Петра Великого, Японское море) представляет большой интерес и требует регулярного контроля. Это связано с экономическим развитием этих бухт в последние годы, сопровождающимся увеличением антропогенной нагрузки на их акватории.

В 1970-80-е гг. залив Петра Великого испытывал мощный индустриальный пресс. Однако спад промышленного производства, произошедший в 90-е гг., привел к сокращению поступления загрязняющих веществ в окружающую среду. Постепенный подъем экономики, возрастание морских перевозок, строительство и начало эксплуатации нового нефтепорта на юго-востоке за-

лива (б. Козьмина), активизация портовой деятельности в целом и увеличение, в частности, поставок угля в страны АТР, требующее расширения угольных терминалов (порт «Восточный» в б. Врангеля), меняют сложившуюся экологическую ситуацию и требуют современных оценок. Усиление антропогенного воздействия на б. Козьмина было показано уже в апреле 2008 г. [1], когда строительство нефтебазы, береговых и причальных сооружений только начиналось.

Наблюдать за состоянием среды как открытых морских, так и прибрежных вод крайне важно, так как ее качество влияет на обитателей, на продуктивность вод, а также может отражаться на здоровье жителей береговых поселений. Поэтому целесообразно проводить регулярный комплексный контроль состояния среды и биоты акваторий, который позволит оценить экологическое состояние водных объектов, а также выявить непредвиденные изменения в среде и биоте.

Две небольшие бухты Козьмина и Врангеля расположены на восточной периферии залива Петра Великого Японского моря и являются самыми восточными акваториями зал. Находка (рис.). Бухта Козьмина вдается в сушу между мысами Козьмина и Крылова, имеет крутые, преимущественно обрывистые, окаймленные камнями берега, которые к вершине бухты понижаются и переходят в низкий перешеек шириной около 200 м, отделяющий б. Козьмина от бухты Озеро Второе. Это «озеро» сообщается с б. Козьмина прорытым в 1950 г. через перешеек каналом длиной 150 м, шириной 55 м, с глубинами в его средней части 4–4,5 м.



Карта-схема бухт Козьмина и Врангеля, и мест отбора проб:  
1 – вход в б. Озеро Второе; 2 – вершина б. Козьмина; 3 – Бакланьи камни; 4 – скалы напротив нефтеналивного терминала; 5 – навигационный знак; 6 – м. Петровского; 7 – строящийся пирс; 8 – рифы перед угольным пирсом; 9 – пирс Гидрографии

В конце декабря 2009 г в б. Козьмина принят в эксплуатацию нефтеналивной терминал грузооборотом 20 млн т в год, вошедший в состав порта Восточный, и резервуарный парк на 100 тыс. т нефти. Самый молодой порт России «Козьмино» – конечная точка нефтепровода «Восточная Сибирь – Тихий океан» (ВСТО). Экспорт нефти ВСТО из нефтепорта «Козьмино» в 2010 г. составил 15,3 млн т, или 7,3% всего экспорта нефти Транснефтью. В 2015 г. порт отгрузил на экспорт уже 30,4 млн т нефти [2], что на 5,5 млн т больше, чем в 2014 г.

Бухта Врангеля вдается в сушу между мысами Каменского и Петровского. Ее длина 3,5 км, ширина 1,5 км. В вершинной части бухты находится глубоководный порт «Восточный»; вблизи бухты расположен микрорайон с названием Врангель, входящий в состав города Находка. Порт Восточный начинает свою биографию с 27 декабря 1973 г. (с момента погрузки первого теплохода), становясь постепенно визитной карточкой портового комплекса Дальнего Востока, а также России. Сегодня АО «Восточный Порт» – крупнейшая стивидорная компания на Дальнем Востоке России, которая специализируется на перевозке контейнеров, сыпучих грузов и перевалке каменного угля с использованием конвейерного оборудования. За 2015 г. производственными комплексами АО «Восточный Порт» было переработано 22,7 млн т угольной продукции, что



на 1 млн т больше, чем в 2014 г. В 2012 г. в Восточном порту началось строительство нового специализированного угольного терминала, оснащенного системой конвейерного оборудования. Согласно проекту, к 2020 г. общий годовой грузооборот стивидорной компании составит 39 млн т [3].

В последние годы в странах АТР значительно увеличился спрос на энергоносители, в частности на уголь. В связи с этим в настоящее время все свободные мощности в портах Приморья, а также в других портах Дальнего Востока, способные перерабатывать уголь, заняты именно этим видом груза, что привело к резкому ухудшению экологической обстановки как в портах, так и вокруг них из-за открытого хранения угля и его перегрузки [4].

### Материалы и методы

Материалом для исследования послужили результаты гидрохимических наблюдений, выполненных в 2012–2014 гг.

Оценку качества вод мы проводили по таким кислородным показателям, как растворенный кислород, биохимическое потребление кислорода (БПК<sub>5</sub>), перманганатная окисляемость (ПО), а также по фосфорным показателям – минеральному (Р<sub>мин</sub>) и органическому фосфору (Р<sub>орг</sub>). При определении выбранных показателей применялись общепринятые гидрохимические методы – Винклера, Скопинцева, Морфи-Райли [5; 6]. В работе использованы данные для летних (июльских) пробований акваторий.

### Результаты и обсуждение

Результаты химико-экологических показателей представлены в таблице.

Количество растворенного в воде кислорода обуславливается физическими (обмен с атмосферой, динамика вод) и биохимическими процессами (фотосинтез и поглощение кислорода живыми организмами, окисление органических и неорганических веществ естественного и антропогенного происхождения). С повышением температуры и солёности растворимость кислорода в воде понижается. Известно, что количество кислорода в поверхностных водах может изменяться от 0 до 14 мг/л. Его дефицит негативно отражается как на качестве среды, так и на его обитателях [7; 8].

Как следует из данных таблицы, практически на всех станциях наблюдались невысокие концентрации O<sub>2</sub>, что связано с повышенной температурой вод в летнее время (17–22 °С). Самые низкие кислородные показатели (от 7,1 до 7,6 мгO<sub>2</sub>/л) наблюдались в 2012 г. на 4, 7, 8 и 9 станциях. Лето 2014 г. было более прохладным, чем в 2012 и 2013 гг., температура прибрежных вод также была пониженной (17–18 °С), и, как видно, концентрации O<sub>2</sub> были более высокими именно в этом году. Однако ни в одном из мест наблюдения даже в самое жаркое лето содержание кислорода не опускались ниже 6 мг/л – предельной величины для благополучного существования гидробионтов в летнее время. Как видно, кислородный режим в обеих бухтах удовлетворяет условиям для рыбохозяйственных водоемов.

Некоторые всплески содержания растворенного O<sub>2</sub>, превышавшие 10 мг/л (на ст. 3, 4, 7 в 2014 г. и ст. 8 в 2013 г.), могли быть обусловлены цветением фитопланктона, что подтверждают повышенные величины значений БПК<sub>5</sub> и пониженные концентрации Р<sub>мин</sub> на этих станциях.

БПК<sub>5</sub> является одним из важнейших гидрохимических показателей, характеризующих экологическое состояние водоема. Его величина определяется интенсивностью дыхания и роста микроорганизмов, потребляющих легко окисляющиеся органические вещества, которые являются в основном продуктами метаболизма водных организмов, а также компонентами хозяйственно-бытовых стоков. БПК<sub>5</sub> в чистых открытых водоемах не превышает 1-2 мгO<sub>2</sub>/л [9]. При БПК<sub>5</sub> от 2 до 3 мг/л воды квалифицируются как умеренно загрязненные, от 3 до 4 мг/л – как загрязненные, выше 4 мг/л – как грязные [10]. Для морей (водоемы I и II категорий рыбохозяйственного водопользования) пятисуточная потребность в кислороде – БПК<sub>5</sub> – при 20 °С не должна превышать 2 мгO<sub>2</sub>/л [11].

Как можно видеть, летом 2012 г. на всех станциях, кроме 4-й, величины БПК<sub>5</sub> были повышены, особенно на станциях 6 и 7 (4,4 мгO<sub>2</sub>/л и 4,8 мгO<sub>2</sub>/л соответственно). Это может быть обусловлено появлением в воде метаболитов как растений, так и животных и хозяйственно-бытовым стоком (небольшой поселок, стоянка маломерного флота, рыбный цех). В 2013–2014 гг. на большинстве станций величины БПК<sub>5</sub> также превышали 2 мгO<sub>2</sub>/л, что свидетельствует о по-

ступлении в эти воды легко разлагающихся органических веществ. В целом, показатели БПК<sub>5</sub> свидетельствуют о небольшой или умеренной антропогенной нагрузке на исследуемые бухты.

Таблица

**Химико-экологические показатели прибрежных вод бухт Козьмина и Врангеля (июль 2012–2014 гг.)**

Станции, N п/п	Годы	T, °C	O <sub>2</sub> мг/л	БПК <sub>5</sub> мгO <sub>2</sub> /л	ПО мгO/л	P <sub>мин</sub> мкг/л	P <sub>орг</sub> мкг/л
1	2012	21,0	9,8	2,8	1,5	–	–
	2013	20,1	8,7	3,0	3,4	20,4	64,2
	2014	18,0	9,8	2,9	2,6	20,4	35,8
2	2012	20,0	9,5	3,6	1,7	–	–
	2013	19,0	8,4	2,8	2,8	60,3	80,5
	2014	18,0	9,6	3,2	3,8	28,5	68,6
3	2012	22,0	8,8	3,3	1,6	–	–
	2013	19,0	8,7	2,8	3,2	90,4	66,3
	2014	17,0	11,1	1,5	1,4	6,2	35
4	2012	20,0	7,5	1,6	1,3	–	–
	2013	19,0	8,8	2,6	4,0	80,4	120,5
	2014	17,0	10,5	2,1	0,8	26,4	22,6
5	2012	20,0	8,1	4,0	2,6	–	–
	2013	20,0	8,8	2,9	3,2	40,6	50,6
	2014	17,5	9,2	2,8	1,4	10,4	26,2
6	2012	20,0	9,4	4,4	2,4	–	–
	2013	–	–	–	–	–	–
	2014	17,5	9,4	4,2	4,0	28,4	24
7	2012	21,0	7,4	4,8	2,8	–	–
	2013	20,0	8,6	3,6	2,8	18,2	240,4
	2014	18	10,4	3,2	2,8	21,4	32,6
8	2012	22,0	7,6	4,0	1,8	–	–
	2013	20,1	10,9	3,4	4,0	12,6	96,4
	2014	17	9,4	0,5	2,8	8,2	22
9	2012	22,0	7,1	3,0	1,6	–	–
	2013	20,1	9,1	2,6	3,7	48,3	86,5
	2014	18	8,8	2,4	1,6	36	28

В 2013–2014 гг. наблюдались повышенные показатели ПО (от 2,8 до 4 мгO/л), свидетельствующие о расходе перманганата на трудно окисляемую органику, поступающую в воду при деструкции организмов, вызванной увеличением температуры и угасанием жизнедеятельности части из них, а также приходящую с поверхностным смывом и со стоками масла, мазута и других веществ. Однако ни на одной из станций значения ПО не достигали 5 мгO/дм<sup>3</sup> – предельной величины перманганатной окисляемости для морских акваторий рыбохозяйственного назначения [12].

Уровни содержания фосфора свидетельствуют о качестве водной среды, о происходящих в экосистеме процессах, а также указывают на источник загрязнения водоема фосфатами. Минеральные фосфаты поступают в природные воды с речным стоком, поверхностным смывом. Кроме того, они образуются при биологической переработке останков животных и растительных организмов, т.е. вследствие их минерализации. Появление органических фосфатов обусловлено процессами жизнедеятельности, т.е. прижизненной экскрецией, и посмертным распадом водных организмов, а также хозяйственно-бытовыми стоками. В водоемах, свободных от поступления сточных вод, уровень содержания органического фосфора указывает на развитие жизни и на скорость бактериального разложения метаболитов, выделяемых гидробионтами. Низкое содержание P<sub>орг</sub> обычно говорит о малой продуктивности вод. Так, в водах открытых мористых участков залива Петра Великого, обедненных питательными веществами, содержание P<sub>орг</sub> не превышает 0–1,2 мкг/л. Высокие концентрации органических фосфатов на мелководье (40–60 мкг/л) вдоль крупного города, каким является Владивосток, обусловлены сбросом хозяйственно-бытовых стоков [13; 14].

Наши наблюдения показали, что летом в воде обеих бухт преобладали органические соединения фосфора (табл.), свидетельствуя о происходящих процессах деструкции отмирающих

организмов. Особенно высокий уровень содержания  $P_{орг}$  отмечен в 2013 г. на ст. 4, 7 и 8 (120,5; 240,4; 96,4 мкг/л соответственно), который, очевидно, имеет автохтонное происхождение. Концентрации  $P_{мин}$  практически на всех станциях были существенно ниже, чем  $P_{орг}$  (табл.), говоря о расходовании ортофосфатов на синтетические процессы и о пока еще слабо идущей минерализации продуктов распада (постмортальной органики).

### Заключение

Таким образом, в связи с интенсивным развитием портовой деятельности и возросшим грузооборотом, а также ростом поселка Козьмино в последние годы увеличилось и продолжает нарастать поступление в акватории бухт Козьмина и Врангеля хозяйственно-бытовых стоков. Установлено, что воды, изученных бухт, относятся к категории «малозагрязненные». Выявлено, прежде всего, благодаря кислородным показателям, что, несмотря на летний температурный режим, среда обеих бухт удовлетворяют требованиям для рыбохозяйственных водоемов.

### Литература

1. Григорьева Н.И., Питрук Д.Л. Комплексная химико-экологическая оценка состояния бухт Козьмина – Озеро Второе (залив Находка, залив Петра Великого, Японское море) // Изв. ТИНРО. – 2010. – Т. 162. – С. – 225–241.
2. Официальный сайт СМНП «Козьмино» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.smnprk.ru>
3. Официальный сайт ОАО «Восточный порт» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.vrnet.ru>
4. Волгин А.А., Красковская Г.Н., Семенихина О.Я. Угольный порт и экология: компромисс или противостояние? // Морские порты. – 2014. – № 4 (125). – С. 34–38.
5. Шишкина Л.А. Гидрохимия. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 287 с.
6. Руководство по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге рыбохозяйственных водоемов и перспективных для промысла районов Мирового океана. – М.: ВНИРО, 2003. – 202 с.
7. Христофорова Н.К., Емельянов А.А., Бердасова К.С. и др. Экологическая характеристика вод пролива Босфор Восточный по кислородным показателям // Изв. ТИНРО. – 2015. – Т. 181, № 15. – С.161–168.
8. Тищенко П.Я., Лобанов В.Б., Звалинский В.И. и др. Сезонная гипоксия Амурского залива (Японское море) // Изв. ТИНРО. – 2011. – Т. 165. – С. 108–129.
9. Руководство по методам химического анализа морских вод / Под ред. С.Г. Орадовского. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 208 с.
10. Позднякова А.Н. Биохимическое потребление кислорода (БПК) // Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – С. 335–340.
11. Правила охраны от загрязнений прибрежных вод морей. – М.: Минрыбхоз СССР, 1984. – 108 с.
12. Контроль химических и биологических параметров окружающей среды: справочник // Под ред. Л.К. Исаева. – СПб.: Эколога-аналитический информационный центр «Союз», 1998. – 896 с.
13. Григорьева Н.И., Христофорова Н.К. Эколога-гидрологические черты западной части залива Петра Великого // Проблемы региональной экологии. – 2001. – № 5. – С. 49–58.
14. Христофорова Н.К., Саломай М.С. Химико-экологическая оценка качества прибрежных вод города Владивостока // Электронный журнал «Исследовано в России». – 2006. – № 174. – С. 1853–1857.

УДК 528.94(476.7)

**Т.В. Гапонова**

*Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины,  
Гомель, 246019  
e-mail: alsokol@tut.by*

## **ЦЕНТРОГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ, ВЗАИМОСВЯЗЕЙ И ДИНАМИКИ ПРИРОДНЫХ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ**

В статье показаны особенности применения центрографического метода при экологических и географических исследованиях. Описана его сущность, познавательные возможности. Составлена центрограмма Брестской области, на которой показано 30 центров тяжести географических явлений, показаны закономерности распределения в пространстве некоторых из них.

**Ключевые слова:** центрографический метод, пространственное распространение, взаимосвязь географических явлений.

**T.V. Gaponova**

*F. Skorina Gomel State University,  
Gomel, 683003  
e-mail: alsokol@tut.by*

## **CENTROGRAPHIC METHOD FOR STUDYING EXPANSION, CORRELATION AND DYNAMICS OF NATURAL AND SOCIO-ECONOMIC PHENOMENA**

The article shows the features of the centrographic method application in ecological and geographical studies. We describe its essence, cognitive capabilities. Brest region centrogram with 30 gravity centers of the geographical phenomena is introduced; patterns of spatial distribution of some of them are shown.

**Key words:** centrographic method, spatial distribution, correlation of geographic phenomena.

Центрографический метод исследования относится к группе методов, называемых методами социальной физики. Суть их заключается в применении в практике общественных наук, в частности в экономической и социальной географии, законов точных (естественных) наук, в частности химии и физики, для обоснования преимущественно нелинейных и производных процессов соответствующих наук [1].

Согласно Физическому энциклопедическому словарю [2], центр тяжести – это геометрическая точка, неизменно связанная с твёрдым телом, через которую проходит равнодействующая сила всех сил тяжести, действующих на частицы тела при любом его положении в пространстве; она может не совпадать ни с одной из точек данного тела (например, у кольца). Положение центра тяжести твёрдого тела в однородном поле тяжести совпадает с положением его центра масс. Другими словами, если через это тело провести любую плоскость, проходящую через центр тяжести, то она разделит это тело на две равные по массе части.

Для нахождения центра тяжести сложного несимметричного тела, необходимо разбить его на  $n$  несколько простых тел с известными массами  $p_i$  и координатами их центров тяжести  $x_i$ ,  $y_i$  и  $z_i$  и определить координаты центра тяжести всего тела  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  по формулам:

$$X = \frac{\sum(p_i \cdot x_i)}{\sum p_i}; \quad Y = \frac{\sum(p_i \cdot y_i)}{\sum p_i}; \quad Z = \frac{\sum(p_i \cdot z_i)}{\sum p_i}.$$

Применяя это определение к географическим явлениям можно поставить задачу определения «центра тяжести» какого-либо географического явления, распределённого на определённой площади. Впервые определение такого «центра тяжести» по отношению к населению предложил в начале XX века великий русский учёный Д.И. Менделеев [3]. В дальнейшем нахождение «центров тяжести» было предложено применять не только для изучения населения, но и для анализа экономической деятельности, а сам метод получил название центрографического [4].

Центр тяжести какого-либо географического показателя – это географическая точка (в двумерном географическом пространстве), имеющая своими координатами средние из координат географических центров отдельных подразделений большой территории (по возможности наиболее мелких), взвешенные по значению данного показателя для этих территорий. То есть, проще говоря, севернее, южнее, западнее и восточнее данной точки значение рассматриваемого показателя будет одинаковым.

Могут выделяться центры тяжести населения (центры населённости), общий для данной страны и региональные центры тяжести населения, центры городского и сельского населения, центры рабочей силы, центры лесистости, заболоченности, водных объектов, распространения определённых родов ландшафтов, выращивания определённых сельскохозяйственных культур, производства определённого рода товаров и услуг, доходов населения, поголовья скота, запасов древесины, стоимости произведённой промышленной продукции и многих других физико-и экономико-географических объектов, процессов и явлений.

Во всех этих случаях определение координат географического центра тяжести производится по формулам:

$$\text{– широта: } \varphi = \frac{\sum (p_i \cdot \varphi_i)}{\sum p_i},$$

$$\text{– долгота: } \lambda = \frac{\sum (p_i \cdot \lambda_i)}{\sum p_i},$$

где  $\varphi$  и  $\lambda$  – широта и долгота центра тяжести,  $\varphi_i$  и  $\lambda_i$  – широта и долгота центра  $i$ -го подразделения территории,  $p_i$  – численное значение показателя географического объекта, процесса или явления  $i$ -го подразделения территории.

Нахождение центров различных экономических и социальных явлений, их сопоставление, построение кривых смещения центров дают возможность перейти к изучению проблем построения рациональных районов, местонахождения промышленных центров и, наконец, проблем равновесия в мировом хозяйстве [5]. Близость или удалённость, согласованность друг с другом центров тяжести отдельных явлений может говорить о положительной или отрицательной взаимосвязи между этими явлениями. К примеру, при изучении населения анализируется временная динамика перемещения центра тяжести населения в пространстве. При этом прослеживаются как сдвиги в размещении населения за временные периоды (столетия), так и кратковременные отклонения от общих тенденций, вызываемые какими-либо серьёзными социально-экономическими потрясениями, эпидемиями смертельных болезней и т. п. [6].

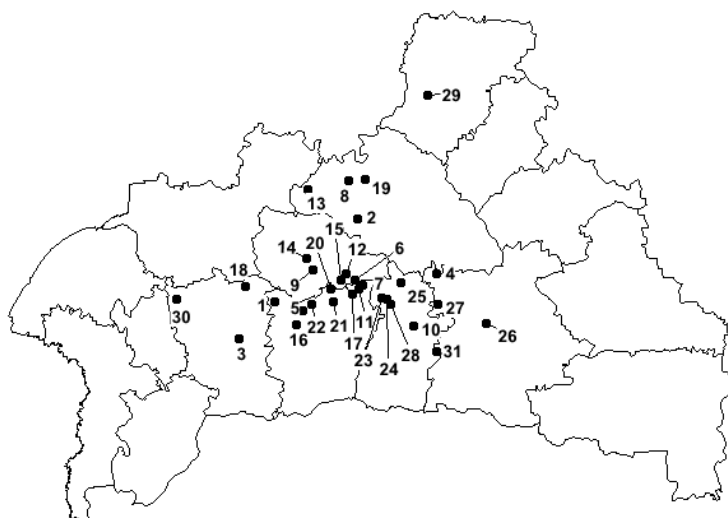
Центры тяжести обозначаются на карте, называемой центрограммой. Например, в США центр тяжести населения официально рассчитывается по результатам каждой переписи [7].

Можно попутно вычислить стандартное отклонение, характеризующее степень концентрации изучаемого явления:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum p_i \cdot [(\varphi_i - \varphi)^2 + (\lambda_i - \lambda)^2]}{\sum p_i}}.$$

Круг, радиус которого равен  $\sigma$ , наглядно показывает, насколько сконцентрировано изучаемое явление [8].

Нами составлена карта центров некоторых географических явлений для территории Брестской области (рисунок).



Центрограмма Брестской области

Центры распространения явлений: 1 – русские; 2 – поляки, 3 – украинцы, 4 – разговаривающие дома на белорусском языке; 5 – разговаривающие дома на русском языке; 6 – посевные площади зерновых и зернобобовых; 7 – посевные площади картофеля; 8 – посевные площади льна; 9 – посевные площади сахарной свёклы; 10 – посевные площади овощей; 11 – посевные площади кормовых культур; 12 – валовый сбор зерновых и зернобобовых; 13 – валовый сбор льноволокна; 14 – валовый сбор сахарной свёклы; 15 – валовый сбор картофеля; 16 – валовый сбор овощей; 17 – крупный рогатый скот; 18 – свиньи, 19 – птица; 20 – производство молока; 21 – всё население; 22 – городское население; 23 – сельское население; 24 – луга; 25 – леса; 26 – болота; 27 – особо охраняемые природные территории; 28 – осушаемые земли; 29 – холмисто-моренно-эрозионные ландшафты; 30 – вторично-моренные ландшафты; 31 – пойменные ландшафты

На центрограмме видно, что посевные площади льна, количество птицы и распространение польского населения, холмисто-моренно-эрозионных ландшафтов тяготеет к северу области, свиней, вторичноморенных ландшафтов, русского населения – к западной части. В восточной части области находятся центры болот, особо охраняемых природный территорий. К югу области тяготеют центры посевных площадей овощей, распространения украинского населения. Центр городского населения находится в 9 км к западу от центра всего населения, а центр сельского населения – в 20 км к востоку. Аналогичная ситуация с распространением государственных языков. Центр распространения населения, разговаривающего на русском языке, находится в 57 км к западу от центра распространения населения, разговаривающего на белорусском языке. Если сравнивать показатели посевных площадей и валовых сборов сельскохозяйственных культур, то заметно, что для всех культур центр валовых сборов находится западнее центра посевных площадей. Расстояние между ними различно – от 4-5 км для зерновых и зернобобовых и сахарной свёклы до 17 км для льна и 49 км для овощей.

## Литература

1. Крылов П.М. Экономическая география и регионалистика: Учеб. пособие. – 4-е изд., испр. и доп. / П.М. Крылов, Т.Г. Рунова. – М.: МГИУ, 2008. – 196 с.
2. Физический энциклопедический словарь / Под ред. А. М. Прохорова. – М.: Сов. энциклопедия, 1983. – 994 с.
3. Менделеев Д.И. К познанию России [по изданию А.С. Суворина 1907 г.] / Д.И. Менделеев. – М.: Айрис-пресс, 2002. – 576 с.
4. Червяков В.А. Количественные методы в географии / В.А. Червяков. – Барнаул: Изд-во Алт. гос. ун-та, 1998. – 259 с.
4. Кочуров Б.И. Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории / Б.И. Кочуров. – Смоленск: СГУ, 1999. – 154 с.
5. Демография: Учебник / Под общ. ред. Н.А. Волгина. – М.: Изд-во РАГС, 2003. – 384 с.
6. Демография: Учеб. пособие / Под ред. В.Г. Глушаковой, Ю.А. Симагина. – 5-е изд., стер. – М.: КНОРУС, 2010. – 288 с.
7. Animated Mean Center of Population for the United States: 1790 to 2010 [Электронный ресурс] // United States Census Bureau. – URL: <https://www.census.gov/geo/reference/centersofpop/animatedmean2010.html>. – (дата обращения: 09.01.2016)
8. Модели полей в географии: теория и опыт картографирования / А.В. Червяков [и др.]; под ред. Ю.П. Михайлова. – Новосибирск: Наука, 1989. – 145 с.

УДК 502.51(285.2:571.66)

**А.Е. Голованева**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: golovaneva.an@yandex.ru*

### **ПРОБЛЕМА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОЗЕРА ХАЛАКТЫРСКОГО И ВАРИАНТЫ ЕГО БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ**

В статье рассматривается проблема антропогенного влияния на рыбохозяйственный водоем (озеро Халактырское). В озеро Халактырское поступают загрязненные коммунально-бытовые сточные воды, а также загрязненные городскими стоками воды впадающей в озеро реки Кирпичной. Озеро загрязняется нефтепродуктами и АПАВ. С коммунально-бытовыми сточными водами в водоем поступают превышающие значения ПДК: аммонийный азот, фосфор, железо. Вследствие этого существует необходимость проведения реабилитационных мероприятий. К числу наиболее «мягких» и эффективных методов относится биологическая реабилитация. В работе представлены варианты биологической реабилитации данного исследуемого водоема.

**Ключевые слова:** озеро Халактырское, эвтрофирование, загрязняющие вещества, биологическая реабилитация.

**A.E. Golovaneva**

*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: golovaneva.an@yandex.ru*

### **LAKE KHALAKTYRSKOYE POLLUTION AND OPTIONS FOR ITS BIOLOGICAL REHABILITATION**

The problem of anthropogenic impact on the fisheries waters (Lake Khalaktyrskoye) is considered in the article. Contaminated municipal sewage as well as the waters of the river Kirpichnaya come to the Khalaktyrskoye. The lake is polluted with oil products and anionic surfactants. Municipal sewage contains ammonium nitrogen, phosphorus and iron exceeding maximum concentration limit. As a consequence, there is a need for rehabilitation activities. Among the mildest and the most effective methods is biological rehabilitation. The paper presents options for biological recovery of the lake.

**Key words:** Lake Khalaktyrskoye, eutrophication, pollutants, biological rehabilitation.

Важной экологической проблемой современности является загрязнение водной среды.

Водные объекты, расположенные на урбанизированных территориях, имеют важное социально-экономическое значение, играют огромную роль в создании комфортных условий проживания населения и улучшении микроклимата городской среды. Однако в связи с непрерывным ростом городского населения они постоянно испытывают значительные техногенные и антропогенные нагрузки [1].

Низкая устойчивость водоемов к постоянным высоким антропогенным нагрузкам приводит к снижению способности гидробиоценозов к самовосстановлению и эвтрофированию водных экосистем.

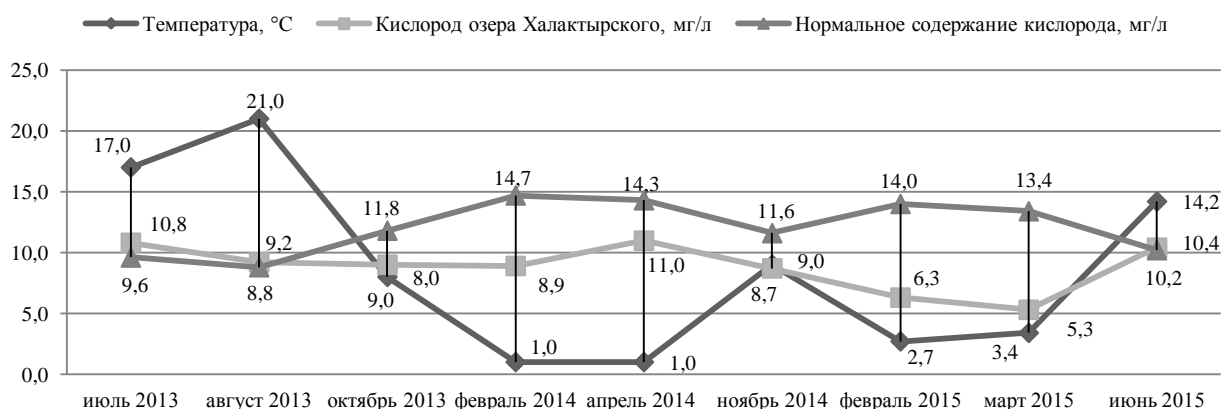
Подобная проблема касается Халактырского озера, акватория которого находится в восточной окраине города Петропавловск-Камчатский. Озеро Халактырское является нерестово-нагульным водоемом и имеет рыбохозяйственное значение.

Городская среда оказывает значительное воздействие на водоем, используя его в качестве приемника нагретых вод ТЭЦ-2 и коммунально-бытовых сточных вод населенных пунктов, расположенных вблизи озера. В Халактырское озеро впадает река Кирпичная, воды которой значительно загрязнены городскими стоками.

Указанные источники антропогенного воздействия на водоем приводят к трансформации автохтонных веществ, вызывают массовое «цветение» озера, создают условия для интенсификации антропогенного эвтрофирования.

Мониторинговые исследования состояния озера Халактырского проводятся с 2013 г., которые позволяют охарактеризовать водоем как умеренно загрязненный.

Об этом свидетельствуют проведенные исследования по некоторым показателям. На рисунке изображена динамика изменения содержания растворенного кислорода зависимости от температуры.



Зависимость содержания растворенного кислорода от температуры

В летний период поверхностный слой воды озера Халактырского пересыщен растворенным кислородом, что, возможно, связано с активным «цветением» водоема. Осенний и зимний режим свидетельствуют о ненасыщении воды растворенным кислородом (данное явление нехарактерно для незагрязненных водоемов).

Биогенные элементы являются основой развития биоты. Определенные концентрации биогенных элементов и правильное их соотношение, играют важную положительную роль в жизни водоемов [2–4]. Эти элементы напрямую способствуют развитию фитопланктона, а косвенно на животных (зоопланктон и зообентос), служащих пищей для рыб. К числу биогенных элементов относятся соединения фосфора, азота, железа, кремния [5].

В природной воде азот присутствует в виде органических и неорганических соединений. Из неорганических соединений в воде содержатся молекулярный азот ( $N_2$ ) и в высшей степени устойчивые ионы аммонийные ( $NH_4^+$ ), нитритные ( $NO_2^-$ ), и нитратные ( $NO_3^-$ ).

По данным исследований, проведенных в 2013–2014 гг., из соединений азота нитратная и нитритная формы не превышают значения ПДК, показатели аммонийного азота превышены на станциях сброса коммунально-бытовых сточных вод поселков Дальний (на 16%) и Халактырка (в 4 раза). В месте впадения р. Кирпичной ПДК превышена на 14%. Присутствие значительного количества этого компонента вод способствует ускорению процесса эвтрофирования озера.

Значения фосфора превышают ПДК на станциях сброса коммунально-бытовых сточных вод поселков Дальний и Халактырка в 2 и 5 раз соответственно.

По содержанию фосфора можно судить об эвтрофированности водоема, поскольку этот элемент имеет лимитирующее значение в деграционных процессах.

При значениях фосфора, превышающих ПДК, происходит так называемое изменение трофического статуса водоема, сопровождающееся перестройкой всего водного сообщества и ведущее к преобладанию гнилостных процессов (и, соответственно, возрастанию мутности, солености, концентрации бактерий).

Содержание железа в озере в среднем превышает значения ПДК в 3 раза. Повышенное значение этого показателя характерно для всех станций исследования. Показатели кремния в озерной воде в среднем превышены в 4 раза по сравнению с ПДК.

Взвешенные частицы влияют на многие характеристики водоема, такие как прозрачность воды, температура, состав растворенных компонентов, адсорбцию токсичных веществ, а также на состав и распределение отложений и на скорость осадкообразования [6–7]. С этой точки зрения изучению взвеси уделяется очень большое значение [8].



Содержание взвешенных веществ в озере Халактырском превышает значения ПДК при расчете средних значений в осенний и весенний периоды исследования в 22 и 11 раз соответственно.

Загрязняющие вещества, нехарактерные для естественного состава природных вод, оказывают различные негативные последствия на функционирование водных экосистем.

К числу распространенных загрязнителей относятся нефтепродукты и АПАВ.

Содержание нефтепродуктов в озере Халактырском находится в пределах нормы. Однако с водами р. Кирпичной в озеро поступают нефтепродукты в концентрации, превышающей ПДК в 2 раза.

Изучение содержания АПАВ в озере Халактырском показывает, что значения ПДК превышены на станциях выпуска коммунально-бытовых сточных вод поселков Дальний и Халактырка на 11 и 12% соответственно.

Таким образом, воды озера Халактырского загрязнены и активно протекают процессы эвтрофирования. Следовательно, для улучшения экологического состояния данного исследуемого водоема необходимо проведение реабилитационных мероприятий. Наиболее безопасным с точки зрения популяционного разнообразия озера является биологическая реабилитация (в сравнении с механическими или химическими методами).

Теоретической основой биологической реабилитации является комплексное решение проблем загрязненных водоёмов. Схема биологической реабилитации водоёмов включает действия, направленные на минимизацию загрязняющих веществ, улучшение санитарного состояния, предотвращение «цветения» воды сине-зелеными водорослями, биологическую мелиорацию высшей водной растительности и, наконец, вылов рыбы и прочих биологических объектов [9].

Биологическая реабилитация озера Халактырского может осуществляться с помощью следующих методов:

1. Применение технологии ОЛИН-ЭКО;
2. Альголизация (внесение водоросли *Chlorella*);
3. Применение водного гиацинта – Эйхорния (*Eichornia*).

Пробиотик ОЛИН-ЭКО обладает антагонистической активностью в отношении широкого спектра патогенных и условно-патогенных бактерий и грибов, интенсивно разлагает органические загрязнители на нейтральные для окружающей среды продукты, способствует отмиранию сине-зеленых водорослей и является эффективным средством биологической реабилитации слабопроточных водоемов, используемых для разведения рыбы.

Благодаря очистке водоема от загрязнения восстанавливаются биологический баланс и интенсифицируются процессы микробиологического, биохимического, физического, и химического самоочищения. Водоем начинает функционировать как самоочищающаяся система.

При достижении заданного уровня очистки водоема от загрязнения и восстановления процессов самоочищения среда водоема перестает быть питательной для сине-зеленых водорослей, тины, ряски и они исчезают из водоёма естественным образом, возвращаясь в естественное состояние биологического баланса. Успевшая образоваться к моменту очистки избыточная биомасса сине-зеленых водорослей отмирает естественным образом в течение двух-трех недель и опускается на дно, где ее остатки полностью уничтожаются бактериями ОЛИН-ЭКО [10].

В качестве механизма, используемого для биологической реабилитации загрязненных водоемов, служит представитель зеленых водорослей из класса протококковых – штамм *Chlorella vulgaris* BIN.

При альголизации водоемов особый интерес представляет вопрос механизма воздействия хлореллы на сине-зеленые водоросли. Хлорелла оказывает избирательное действие и, причем, только на те виды водорослей, которые традиционно вызывают «цветение» воды. Попадая в водоем, хлорелла не осаждается на дно и не прилипает к высшей растительности, а парит в верхнем (до 40–100 сантиметров) слое воды, интенсивно фотосинтезируя и делясь. За несколько дней хлорелла становится доминирующей микроводорослью в указанном слое воды, насыщая его кислородом и удаляя из него излишки углекислого газа, органических и неорганических веществ. При этом уничтожается вся патогенная микрофлора. Поскольку хлорелла является наилучшим кормом для зоопланктона, то численность его в водоеме увеличивается в разы.

При альголизации водоема в весенние месяцы массового развития сине-зеленых водорослей не происходит, так как хлорелла успевает поглотить биогены необходимые для их развития.

Когда водоем уже заражен сине-зелеными водорослями введение данного штамма позволяет лизировать их скопления и перевести продукты разложения в процессе фотосинтеза в белок, липиды, и т. д. входящие в структуру хлореллы [9].

Биологическая реабилитация водоемов может проводиться с применением водного гиацинта – Эйхорния (*Eichornia*) – растение семейства понтедериевых (*Pontederiaceae*). Это растение, при культивации его в водоемах, проводит очистку водной среды, наряду с украшением ландшафта. С помощью своих корней растение способно энергично извлекать из сред многие примеси, растворенные в воде, и дезодорировать окружающую воздушную среду.

Водный гиацинт в состоянии успешно бороться с множеством соединений, которые загрязняют природные водоемы. При развитии этого растения в водоеме интенсифицируются процессы нитрификации, минерализации нефтепродуктов, разрушаются и обезвреживаются многие токсины и соединения биогенов. Процесс очищения протекает не только под воздействием самих растений, но и за счет увеличения количества микроорганизмов, развивающихся на корнях растения. Создание растением благоприятных условий существования полезного биоценоза в несколько раз усиливает деструкцию микроорганизмами растворенных органических и неокисленных минеральных соединений, например, сероводород, аммиак, нитриты, содержащиеся в сточных водах. Эйхорния использует их в процессе своей жизнедеятельности.

При использовании растения на доочистке загрязненных вод вегетационная масса или периодически выбирается из объема или удаляется в завершении жизнедеятельности на водоеме по температурным или иным причинам. Извлеченные особи растения в течение вегетации собираются в специально отведенное место сбора или в контейнер на объекте для последующего вывоза или дальнейшего использования. По проведенным обобщениям и классификации биомасса растений соответствует параметрам отходов неопасного класса.

При этом следует принимать во внимание, что потеря жизнедеятельности растения, например, пораженной неожиданным заморозком, резко снижает до полного прекращения переработку элементов загрязнений растением. В случае оставления на водной поверхности Эйхорния при отрицательных температурах вмерзает в лед, а при таянии льда напитывается водой и полностью оседает на дно. Объем оседающей массы соответствует около 1/2 объема выросшей биомассы. Но эти объемы гораздо меньше по сравнению с количествами извлеченных и переработанных загрязняющих [11].

Рассматривая варианты биологической реабилитации озера Халактырского, необходимо учесть, что в случае внесения в водоем препарата, содержащего микроорганизмы (ОЛИН-ЭКО) не требуется дополнительных временных затрат как при применении Эйхорнии или при альголизации. Альголизация должна осуществляться в несколько этапов и необходимо провести наблюдения за ее развитием в данных климатических условиях. Использование водного гиацинта влечет за собой проблему хранения и утилизации, поскольку может быть использована лишь в вегетационный период.

В таблице указана стоимость предложенных вариантов биологической реабилитации.

Таблица

Соотношение варианта биологической реабилитации и его стоимости

№	Наименование варианта биологической реабилитации	Стоимость, руб.
1	Применение технологии ОЛИН-ЭКО	8 580 000,00
2	Альголизация (внесение водоросли <i>Chlorella</i> )	2 475 000,00
3	Применение водного гиацинта – Эйхорния ( <i>Eichornia</i> )	1 425 600 000,00

Исходя из экологической значимости и расчета стоимости указанных вариантов биологической реабилитации наиболее результативным и экономически выгодным для восстановления экосистемы исследуемого водоема может быть использована технология ОЛИН-ЭКО или водоросли хлорелла, поскольку внесение препарата с микроорганизмами может осуществляться в течение 1 года, при использовании указанного штамма водоросли необходимо внесение в течение нескольких лет (расходы могут оказаться равными).

Производя интенсивную очистку воды и донных отложений от гниющей органики, биогенных элементов, загрязняющих веществ, восстановив процессы биологического самоочище-

ния водоема, будут созданы более благоприятные условия для развития ихтиофауны исследуемого водоема, которая представлена жилыми, проходными, а также акклиматизированными видами рыб. Улучшение экологического состояния озера Халактырского приведет не только к восстановлению его рыбохозяйственного значения, а также увеличит его эстетическую и рекреационную значимости.

### Литература

1. Савельев О.В. Комплексная оценка состояния устойчивости к эвтрофикации экосистем малых водотоков урбанизированных территорий: Дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08. – М.: РГБ, 2013. – 143 с.
2. Линник Г.Н., Набиванец Ю.Б. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. – СПб: Гидрометеиздат, 1986. – 270 с.
3. Воробьев В.И. Биогеохимия и рыбоводство. – Саратов: МП Литра, 1993. – 224 с.
4. Евтушенко Н.Ю. Биоаккумуляция микроэлементов в органах и тканях рыб с разными типами питания при тепловом выращивании // Гидробиологический журнал. – 1996. – Т.32. – № 3 – С. 89–101.
5. Логинова Е. В., Лопух П.С. Гидроэкология: курс лекций. – Минск: БГУ, 2011. – 300 с.
6. Лисицын А. П. Процессы в водосборе Белого моря: подготовка, транспортировка и отложение осадочного материала, потоки вещества, концепция «живого водосбора» // Система Белого моря. – Т. I. Природная среда водосбора Белого моря. – М.: Научный мир, 2010. – С. 353–445.
7. Лисицын А. П. Гидрооптика и взвесь арктических морей // Оптика атмосферы и океана. – 2000. – Т. 13. – № 1. – С. 70–79.
8. Филина К.В., Шевченко В.П., Кокрятская Н.М., Чупаков А.В. Распределение и состав взвеси в озерах Кенозерского национального парка // Современные проблемы науки и образования. – Архангельск, 2012. – № 6. – С. 633.
9. Богданов Н. И. Биологическая реабилитация водоемов. – Пенза: РИО ПГСХА, 2008. – 126 с.
10. Новая технология биологической очистки слабопроточных водоемов с использованием Пробиотика ОЛИН-БИО [Электронный ресурс]. – URL: [www.probiotic-olin.ru](http://www.probiotic-olin.ru) (дата обращения: 05.02.2016).
11. Природный фильтр водоемов [Электронный ресурс]. – URL: [www.algobiotehnologia.com](http://www.algobiotehnologia.com) (дата обращения: 24.01.2016).

УДК 574.632:597.2(268.45)"2015"

**А.Ю. Жилин, Н.Ф. Плотицына**

*Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства  
и океанографии им. Н.М. Книповича,  
Мурманск, 183038  
e-mail: nplotits@pinro.ru*

## **СОДЕРЖАНИЕ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБАХ БАРЕНЦЕВА МОРЯ В 2015 ГОДУ**

В краткосрочной перспективе наблюдаемые уровни содержания загрязняющих веществ на состояние запасов промысловых видов рыб Баренцева моря существенного влияния не окажут.

**Ключевые слова:** Баренцево море, рыбы, *n*-парафины, ПАУ, хлорированные углеводороды, микроэлементы.

**A.Yu. Zhilin, N. F. Plotitsyna**

*Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography,  
Murmansk, 183038  
e-mail: nplotits@pinro.ru*

## **CONTENT OF CONTAMINANTS IN COMMERCIAL FISHES FROM THE BARENTS SEA IN 2015**

The observed levels of pollutants in commercial fish species from the Barents Sea will not have a significant impact on the state of their stocks in the short term.

**Key words:** Barents Sea, fishes, *n*-paraffins, PAH, chlorinated hydrocarbons, microelements.

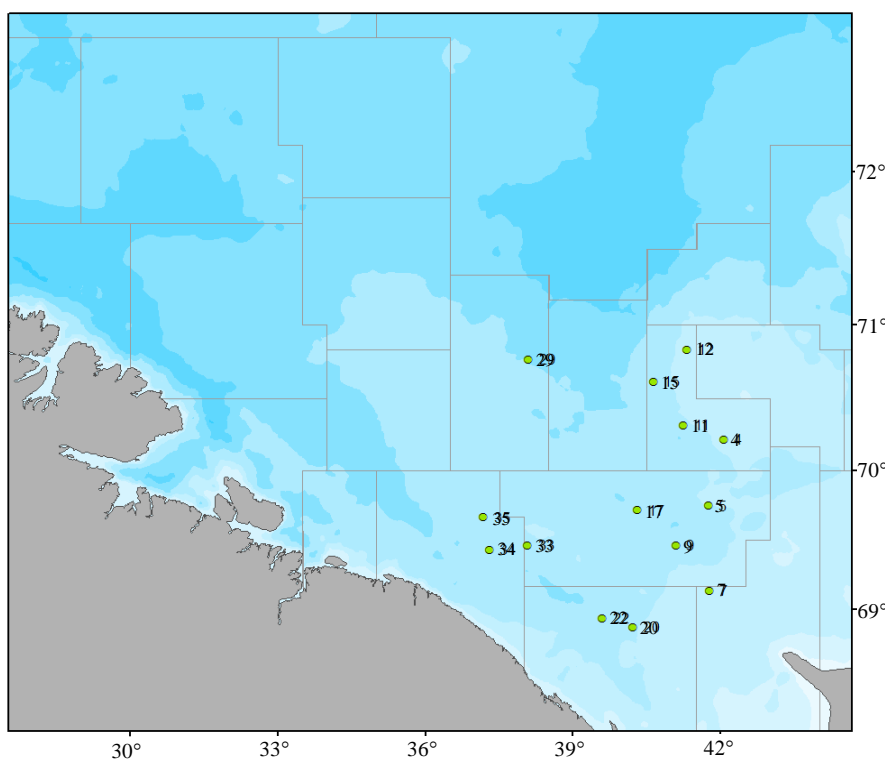


Рис. 1. Схема станций отбора проб промысловых рыб Баренцева моря в 2015 г.

Выполнены определения загрязняющих веществ в рыбах, выловленных в различных промысловых районах Баренцева моря в рейсе № 99 НИС МК-0662 «Фритьоф Нансен» в феврале-марте 2015 г. (рис. 1).

Исследования охватывали 6 из 44 рыбопромысловых районов Баренцева моря: Восточный Прибрежный район, Западный Прибрежный район, Северо-Восточный склон Мурманской банки, Мурманское мелководье, Западно-Центральный район, Канинская банка.

Отбор, подготовка и анализ биологических проб выполнены в соответствии с методическими руководствами ФАО, ИКЕС и действующими нормативными документами [1-5]. Всего проанализировано 80 проб (41 проба мышц и 39 проб печени) атлантической трески (*Gadus morhua*), пикши (*Melanogrammus aeglefinus*), камбалы-ерша (*Hippoglossoides platessoides*), морской камбалы (*Pleuronectes platessa*), пятнистой зубатки (*Anarhichas minor*), черного палтуса (*Reinhardtius hippoglossoides*) и мойвы (*Mallotus villosus*) по 57 химическим показателям. Лаборатория прикладной экологии и токсикологии ФГБНУ «ПИНРО» аккредитована в системе аккредитации аналитических лабораторий на техническую компетентность и независимость (аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.518450).

Содержание алифатических углеводов (АЛУ) (*n*-парафинов C<sub>8</sub>-C<sub>31</sub>) в мышцах трески варьировало от 0,21 до 0,33 мкг/г сырой массы. В печени трески оно было значительно выше – от 14,0 до 53,7 мкг/г сырой массы. Наибольшее содержание АЛУ определено в печени трески, выловленной в Западном Прибрежном районе. Содержание *n*-парафинов в мышцах пикши изменялось от 0,15 до 0,32 мкг/г, камбалы-ерша – от 0,27 до 0,48 мкг/г, морской камбалы – от 0,27 до 0,31 мкг/г, пятнистой зубатки – от 0,65 до 0,84 мкг/г, черного палтуса – от 0,18 до 0,58 мкг/г и мойвы – от 0,17 до 0,21 мкг/г сырой массы. Наибольшее содержание алифатических углеводов определено в мышцах пятнистой зубатки, выловленной в Западно-Центральном районе. Величины углеродного коэффициента (CPI) в мышцах и печени исследованных рыб были больше единицы и изменялись от 1,59 до 6,22, что подтверждает биогенное происхождение *n*-парафинов как в мышцах, так и в печени рыб. [6-8]. По СанПиН 2.3.2.1078-01 содержание АЛУ в мышцах и печени морских рыб не нормируется [9].

В России отсутствуют нормативы содержания полициклических ароматических углеводов (ПАУ) в морской рыбе, нормируется только содержание бенз(а)пирена в копченой рыбной продукции [9], поэтому сложно оценить уровни загрязнения мышц и печени исследованных рыб ПАУ. В печени рыб, как депонирующем органе, сумма 19-ти ПАУ была значительно выше, чем в мышцах, вследствие более высокого содержания в ней жира.

В мышцах исследованных донных рыб из индивидуальных ПАУ доминировали не канцерогенные соединения – нафталин, 1-метилнафталин, 2-метилнафталин, флуорен и хризен, составляющие 71–97% от ∑ПАУ. Содержание в них соединений, проявляющих канцерогенную активность (бенз[а]антрацен, бенз[б]флуорантен, бенз[к]флуорантен, бенз[а]пирен, индено [1,2,3-сd]пирен, дибенз[а, h]антрацен), изменялось в основном в интервале 0,48–6,2% от ∑ПАУ. В мышцах пелагической рыбы мойвы также доминировали не канцерогенные соединения, перечисленные выше, составляющие 69–88% от ∑ПАУ. Содержание в мойве соединений, проявляющих канцерогенную активность, варьировало в интервале 2,28–20,2% от ∑ПАУ. Содержание бенз(а)пирена в мышцах донных рыб составляло 0–3,22%, а пелагических (мойва) – 0,95–16,2% от ∑ПАУ. Суммарное содержание ПАУ в мышцах промысловых рыб Баренцева моря было значительно ниже, чем в мышцах трески, выловленной в водах Северо-Западной Атлантики, и в мышцах рыб Средиземного, Балтийского, Каспийского и Черного морей (300–400 нг/г сырой массы) [10, 11]. Полученные результаты свидетельствовали о низком уровне загрязнения промысловых рыб Баренцева моря ПАУ, в том числе обладающими канцерогенными свойствами.

Распределение персистентных хлорированных углеводов в морских организмах отличается крайней неоднородностью и тяготением их повышенного содержания к системам депонирования, а также к органам и тканям с высоким содержанием жира [12, 13].

Наибольшее суммарное содержание α-, β-, γ- изомеров гексахлорциклогексана (ГХЦГ) обнаружено в мышцах мойвы (8,36 нг/г сырой массы), выловленной на Северо-Восточном склоне Мурманской банки (ст. 29). Максимальное содержание гексахлорбензола (ГХБ) определено в мышцах черного палтуса из Западного Прибрежного района (0,80 нг/г сырой массы). Наибольшее содержание хлордана обнаружено в мышцах черного палтуса (1,52 нг/г сырой массы), выловленного в Западном Прибрежном районе (ст. 34), причем здесь обнаружены все определяемые изомеры хлордана (*цис*- и *транс*-хлордан, *цис*- и *транс*-нонахлор, а также оксихлордан). Максимальное содержание метаболитов ДДТ также определено в мышцах черного палтуса из этого же промыслового района (5,12 нг/г сырой массы). Остаточные количества хлорорганических пестицидов (ХОП) в печени исследованных рыб были значительно выше, чем в мышцах, так как печень является депонирующим органом, где в первую очередь происходит накопление

загрязняющих веществ. Кроме того, печень рыб отличается более высоким содержанием жира по сравнению с мышцами, а все хлорированные углеводороды обладают липофильными свойствами, то есть хорошо растворяются в жирах [13].

Высокое суммарное содержание изомеров ГХЦГ характерно для печени трески, выловленной на Мурманском мелководье – 12,9 нг/г сырой массы (ст.9), и пикши из этого же промыслового района – 12,8 нг/г сырой массы (ст. 33). Максимальное количество ГХБ определено в печени трески, выловленной в Западно-Центральном районе – 24,5 нг/г сырой массы (ст. 15). Высокое суммарное содержание изомеров хлордана (39,3 нг/г сырой массы) и метаболитов ДДТ (131 нг/г сырой массы) обнаружено в печени трески, выловленной на Мурманском мелководье (ст. 17 и 9 соответственно). По норвежской классификации среднее содержание ГХБ, суммы изомеров ГХЦГ и метаболитов ДДТ в печени трески соответствовало антропогенному фоновому уровню [14]. Преобладание содержания изомеров  $\alpha$ -ГХЦГ над  $\gamma$ -ГХЦГ и  $p,p'$ -ДДЕ над  $p,p'$ -ДДТ в мышцах и печени исследованных рыб указывало на «старое» загрязнение этими пестицидами среды их обитания.

Суммарное содержание ПХБ в мышцах исследованных рыб изменялось от 0,93 до 3,61 нг/г сырой массы, в печени – от 5,56 до 355 нг/г сырой массы. Вследствие значительного количества жира содержание ПХБ в печени рыб во много раз превышало их содержание в мышечной ткани. В мышцах и печени рыб доминировали конгенеры с номерами по номенклатуре IUPAC 118, 138 и 153, составляющие 60–80% от  $\Sigma$ ПХБ, что указывало на техногенное загрязнение среды обитания рыб промышленными смесями полихлорбифенилов типа Agoslog, российские аналоги – Совол (конденсаторное масло) и Совтол (трансформаторное масло) (рис. 2). Наиболее высокое содержание ПХБ обнаружено в печени трески, выловленной на Мурманском мелководье – 355 нг/г сырой массы (ст. 9).

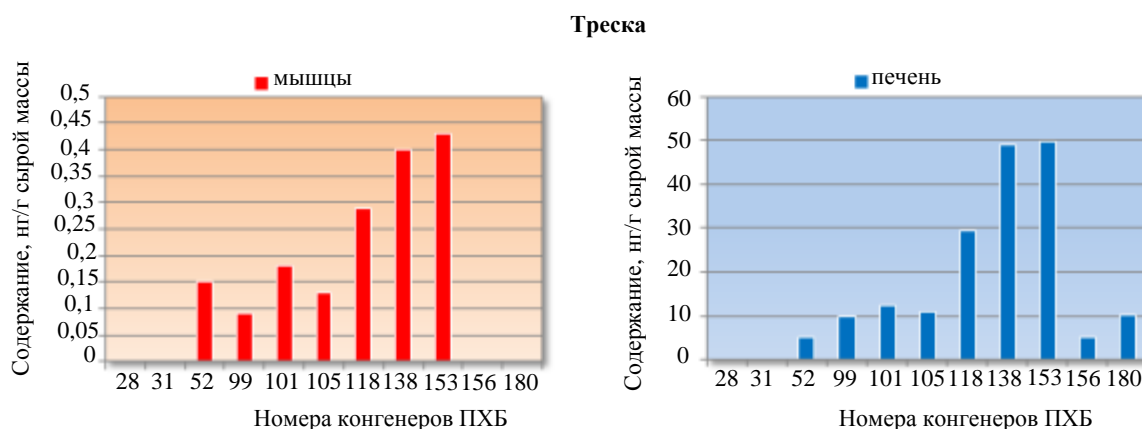


Рис. 2. Среднее содержание конгенов ПХБ в треске Баренцева моря в 2015 г.

Средняя токсичность диоксиноподобных ПХБ в мышцах рыб, выраженная в единицах токсического эквивалента, варьировала от 0,09 (пикша) до 0,89 пг ТЭ/г сырой массы (черный палтус), а в печени – от 2,10 (пятнистая зубатка) до 24,3 пг ТЭ/г сырой массы (треска). Токсичность диоксиноподобных хлорированных углеводородов, обнаруженных в мышцах рыб, была во всех случаях меньше 1. Наибольшая величина этого показателя найдена в печени трески (36,9 пг ТЭ/г сырой массы), выловленной на Мурманском мелководье (ст. 9), и камбалы-ерша (11,1 пг ТЭ/г сырой массы) из Западного Прибрежного района (ст. 34). По норвежской классификации наибольшая токсичность диоксиноподобных хлорированных углеводородов в печени трески (36,9 пг ТЭ/г сырой массы) соответствовала умеренному загрязнению [14]. Тем не менее содержание хлорированных углеводородов в мышцах и печени исследованных рыб было значительно ниже допустимых уровней, установленных санитарными правилами и нормативами РФ для морских рыб [9].

Тяжелые металлы по токсикологическим оценкам «стресс-индексов» занимают второе место среди загрязняющих веществ, уступая только ХОП и ПХБ. К числу наиболее распространенных металлов-загрязнителей относятся свинец, кадмий, ртуть, а также другие, так называемые следовые элементы, например, мышьяк [15].

Из тяжелых металлов в мышцах и печени исследованных рыб преобладало железо. Содержание меди, цинка, никеля, хрома, марганца и кобальта в тканях рыб варьировало в очень узких интервалах, характерных для природных фоновых уровней. По СанПиН 232.1078-01 в мышцах морских рыб нормируется только содержание свинца, кадмия, мышьяка и ртути, а в печени – свинца, кадмия и ртути [9]. В мышцах и печени исследованных рыб содержание свинца и кадмия не превышало установленных нормативов (1,0 и 1,0; 0,2 и 0,7 мкг/г сырой массы соответственно) [9].

Среднее содержание общего мышьяка в мышцах пикши, камбалы-ерша, пятнистой зубатки и мойвы превышало установленный норматив 5 мкг/г сырой массы [9]. В мышцах 4-х из 7-ми экземпляров трески содержание общего мышьяка превышало установленный норматив и изменялось в интервале от 5,26 до 7,27 мкг/г сырой массы. Мышьяк полноправно участвует в метаболизме гидробионтов, входит в состав металлопротеидов (арсенобетаинов) и всегда присутствует в организмах водных промысловых объектов. Его общее повышенное содержание не имеет ничего общего с техногенным загрязнением. Мышьяк поглощается гидробионтами в основном с пищей и токсичные неорганические соединения мышьяка способны быстро образовывать прочные комплексы с низкомолекулярными органическими соединениями, которые не представляют опасности для человека и к тому же быстро выводятся из организма [16]. По опубликованным данным содержание общего мышьяка в 320 пробах мышц черного палтуса, выловленного в прибрежных водах северной Норвегии (арх. Шпицберген), варьировало от 2,0 до 41 мкг/г при среднем значении  $8,1 \pm 6,2$  мкг/г сырой массы. Содержание токсичного неорганического мышьяка в мышцах черного палтуса изменялось от значения  $< 0,001$  до 0,01 мкг/г сырой массы. В мышцах атлантической трески содержание общего мышьяка варьировало в широком диапазоне от 0,4 до 52 мкг/г сырой массы. Содержание же токсичного неорганического мышьяка было  $< 0,001$  мкг/г сырой массы [17].

В мышцах промысловых рыб Баренцева моря содержание общей ртути варьировало от 0,002 до 0,012, а в печени – от 0,014 до 0,050 мкг/г сырой массы, и не превышало установленный норматив 0,5 мкг/г сырой массы (рис. 3) [9].

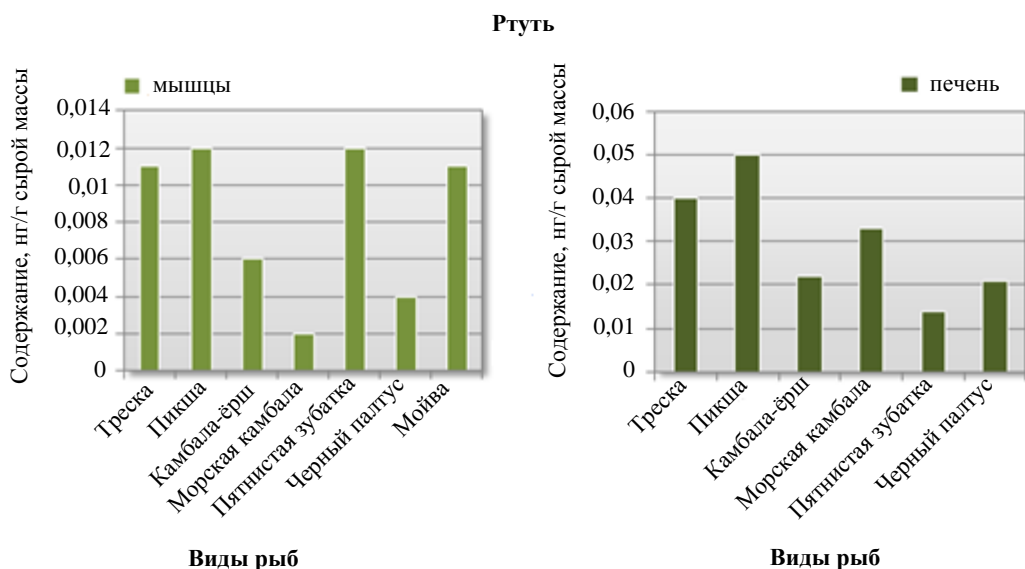


Рис. 3. Среднее содержание общей ртути в рыбах Баренцева моря в 2015 г.

В результате проведенных исследований установлено, что в мышцах и печени промысловых рыб Баренцева моря преобладали АлУ (*n*-парафины) биогенного происхождения. Полученные данные свидетельствовали о низком уровне загрязнения рыб ПАУ, обладающими канцерогенными свойствами. Содержание хлорированных углеводородов и микроэлементов – свинца, кадмия, мышьяка и ртути в тканях рыб были значительно ниже допустимых уровней, установленных санитарными правилами и нормативами РФ для морских рыб. Исключение составляло

содержание общего мышьяка в мышцах отдельных видов рыб Баренцева моря, которое нормируется в СанПиН 2.3.2.1078-01. Но проводимые в настоящее время исследования указывают на то, что нормировать в мышцах промысловых рыб следует содержание не общего мышьяка, а его токсичных неорганических соединений.

### Литература

1. ICES Guidelines for Monitoring Contaminants in Fish and Shellfish and in Sediments/ Six Year review of ICES Coordinated Monitoring Programmes // Coop. Res. Report. – 1984. – № 126. – P. 96–100.
2. Manual of Methods in Aquatic Environment Research. Part 2. Guidelines for Use of Biological Accumulators in Marine Pollution Monitoring // FAO Fisheries Technical Paper. – 1976. – No.150. – 76 p.
3. Manual of Methods in Aquatic Environment Research. Part 3. Sampling and Analyses of Biological Material // FAO Fisheries Technical Paper. – 1976. – No.158. – 124 p.
4. Методика выполнения измерений активности (удельной активности) гамма-излучающих радионуклидов в счетных образцах с применением спектрометра энергии гамма-излучения CANBERRA с программным обеспечением GENIE 2000. – СПб.: Изд-во ООО «НТЦ «РАДЭК», 2009. – 43 с.
5. Методика выполнения измерений удельной активности стронция-90 в пробах окружающей среды на сцинтилляционной установке “LS 6500”. – СПб.: Изд-во ООО «НТЦ «РАДЭК», 2006. – 16 с.
6. Химические процессы в экосистемах северных морей (гидрохимия, геохимия, нефтяное загрязнение) / Г.Г. Матишов, Л.Г. Павлова, Г.В. Ильин, Т.А. Щекатурина, О.Г. Миронов, В.С. Петров. – Апатиты, 1997. – 404 с.
7. Миронов О.Г., Щекатурина Т. Л. Метод определения углеводов в морских организмах // Методы исследования органического вещества в океане. – М.: Наука, 1980. – С. 269–274.
8. The alkanes of marine organisms from the United Kingdom and surrounding waters / Whittle K. J., Mackie P. R. Hardy R., et al. // Rapp. P.-V. Reun. Cons. int. Explor. Mer. – 1977. – V. 171. – P. 72–78.
9. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов (СанПиН 2.3.2. 1078-01). – М.: Минздрав РФ, 2002. – 164 с.
10. Патин С.А. Экологические проблемы освоения нефтегазовых ресурсов морского шельфа. – М.: Изд-во ВНИРО, 1997. – 349 с.
11. Polycyclic aromatic compounds in cod (*Gadus morhua*) from the Northwest Atlantic and St. Lawrence estuary / Hellou J. , Upshall C., Payne J. F. Hodson P. V. // Sci. Total Environ. – 1994. – V. 145, №. 1–2. – P. 71–79.
12. Стойкие органические загрязнители: пути решения проблемы / В.В. Худолей, Е.Е. Гусарова, А.В. Клинский, Г.А. Ливанов, А.А. Старцев. – СПб.: НИИХ СПбГУ, 2002. – 363 с.
13. Худолей В.В. Полициклические ароматические и галогенизированные углеводороды: антропогенная нагрузка северных морей и оценка онкоэкологической опасности // Проблемы экологии полярных областей. – М.: Наука, 1991. – С. 88–91.
14. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder OG kystfarvann. Veiledning / J. Molvær, J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei, J. Sørensen // SFT Veiledning, 1997. – 97:03. – 36 p. (In Norwegian).
15. Морозов Н.П., Петухов С.А. Микроэлементы в промысловой ихтиофауне Мирового океана. – М.: Агропромиздат, 1986. – 160 с.
16. Мур Дж., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах: контроль и оценка влияния: Пер. с англ. – М.: Мир, 1987. – 288 с.
17. Concentrations of mercury, arsenic, cadmium and lead in Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) caught of the coast of northern Norway / K. Julshamn, S. Frantzen, S. Valdersnes, B. Nilsen, A. Maage, K. Nedreaas // Marine Biology Research. – 2011. – V.7. – Issue 8. – P. 733–745.



УДК 582.273

**Л.В. Жильцова**

*Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (ТИНРО-Центр)*

*Владивосток, 690091*

*e-mail: lidiya.zhiltsova@tinro-center.ru*

## **РОЛЬ ВИДА – ЭДИФИКАТОРА В ОБРАЗОВАНИИ КОНСОРЦИЙ АНФЕЛЬЦИИ**

На основе обобщения многолетних данных рассматриваются вопросы образования консортивных связей морской красной водоросли анфельции. Основную функцию детерминанта – энергообеспечение консортов – анфельция выполняет, седиментируя в пласте массу взвешенных веществ.

**Ключевые слова:** анфельция, консорты, консортивные связи.

**L.V. Zhiltsova**

*Pacific Research Fisheries Centre (TINRO-centre),*

*Vladivostok, 690091*

*e-mail: lidiya.zhiltsova@tinro-centre*

## **ROLE OF EDIFICATOR SPECIES IN AHNFELTIA CONSORTIUM LINKING**

The article deals with consortium links of red seaweed ahnfeltia. They are considered on the basis of long-term data. Ahnfeltia acts as determinant – consort energy supply sedimentating suspended particular matter in the layer.

**Key words:** ahnfeltia, consors, consortium links.

Морская красная водоросль анфельция *Ahnfeltia tobuchiensis* формирует поля (пласты) в проливе Старка, бухтах Баклан, Перевозная, Троицы, Северная, Ильмовая и прибрежье горы Столовой (залив Петра Великого). Является видом с сильно выраженной средообразующей способностью. В пластах анфельции отмечается большое количество организмов, принадлежащих к различным таксономическим группам: порядка 67 видов водорослей [1]; множество животных, представленных в основном молодью [2]; многочисленные представители мейофауны с плотностью до нескольких сотен тыс. экз/м<sup>2</sup> [3]. Совокупность всех видов, обитающих в скоплениях этой водоросли, представляет собой единое специфическое сообщество вида-эдификатора – анфельции – и видов с ним связанных. Именно в составе сообщества виды способны выдерживать более значительную амплитуду изменений факторов среды, чем по отдельности. Границы сообщества определяются областью распространения. При такой большой заселенности пласта трудно учесть действие всех биоценологических механизмов, но возможно выделить в исследуемом биоценозе связи отдельных организмов, образующих с анфельцией – видом эдификатором – посредством различных типов консортивных связей консорции, которые являются связующим звеном между фито – и зооценозом [4]. Функциональная целостность сообщества анфельции и его устойчивость обусловлены наличием четырех видов связей между видом – детерминантом и его консортами: топических, трофических, форических и фензивных. Системообразующими из них являются топические и трофические связи, а остальные относятся к второстепенным.

Таким образом, целесообразность консортивного подхода при изучении сообществ анфельции была обоснована необходимостью более конкретного понимания взаимоотношений разнородных организмов с детерминантом сообщества.

**Топический аспект.** В местах обитания поля анфельции оказывают влияние на гидрологические параметры (снижается скорость течения, усиливается аккумуляция детрита, ухудшается освещенность придонного слоя) и гидрохимические показатели (повышается рН, меняется содержание кислорода, фосфора, азота и др.). Пласт анфельции представляет собой конгломерат из сильно разветвленных спутанных талломов с относительной поверхностью порядка  $3,5 \times 10^5 \text{ м}^2$  ( $15 \text{ м}^2/\text{кг}$  анфельции) [5]. Массовая концентрация талломов анфельции на сравнительно небольших участках акватории (площадь отдельных полей составляет 150–800 га) определяет основную роль ее пластов в местах обитания, как дополнительного субстрата для жизненного пространства большого количества таксонов. Морфологическая структура водоросли способствует организации жизненного пространства в толще воды, формируя мозаику экологических ниш и увеличивая площадь обитаний в условиях дефицита твердого субстрата. В ее пластах отмечены бактерии, грибы, эпифитные и сопутствующие водоросли, планктонные и бентосные беспозвоночные. Подбор видов, связанных с анфельцией, идет за счет видов как местной флоры и фауны, так и за счет видов, которые попадают в пласт во время штормов, пищевых миграций, заносятся течениями на личиночной стадии. В структуре сообщества анфельции биомасса доминанта составляет порядка 80% от общей. Переплетенные между собой талломы водоросли, формирующие многотонный пласт, создают надежное убежище для своих консортов, а большая поверхность субстрата, пригодного для поселения (оседают личинки разных организмов), является зоной подроста до жизнестойкого состояния. Численность и биомасса гидробионтов в пласте анфельции выше аналогичных показателей вне его в районах скопления водорослей. Так, например, численность трепанга дальневосточного *Apostichopus japonicus* в пласте анфельции изменяется от 2–5 до 72 экз/м<sup>2</sup> (в плотных скоплениях), а биомасса – от 2–150 до 1440 г/м<sup>2</sup>. На грунте максимальные показатели этого вида редко достигают 3–8 экз/м<sup>2</sup> и 10 – 800 г/м<sup>2</sup>. Анализ размерного состава молоди трепанга в пласте анфельции свидетельствует о многолетнем характере взаимоотношений (от сеголеток до 3-х лет). Причем доля мелкоразмерных особей составляет более 60%, что говорит о ежегодном пополнении.

**Трофический аспект.** Способность пласта анфельции осуществлять трансформацию взвешенных и растворенных в толще воды органических веществ (ВОВ и РОВ) создает основу цепи питания беспозвоночным, обитающим в нем: молоди дальневосточного трепанга, серого морского ежа *Strongylocentrotus intermedius*, асцидии *Halocynthia aurantium*, ракообразных и др. Анфельция, как детерминант консорции, задерживая в толще пласта взвешенное органическое вещество, выполняет одну из самых основных своих функций детерминанта – энергетическое обеспечение связанных с ней организмов.

Второстепенные функциональные группы связей в биоценозе анфельции представлены двумя видами: форическими и фензивными. Группа форических связей представлена зоохорией (серый морской еж переносит прилипшие к панцирю фрагменты анфельции с молодью трепанга). Фензивные связи (носят непостоянный характер) характерны для некоторых видов рыб (*Opisthocentrus ocellatus*, *Sebastes schlegeli*, *Clupe harengus pallasi* и др.), использующих пласт анфельции в качестве убежища и защиты от врагов. Фабрические связи не обнаружены.

Имеющиеся данные (собственные и литературные) свидетельствуют о том, что механизм образования консорций анфельции во всех районах ее обитания (залив Петра Великого, лагуна Буссе, залив Измены) относительно одинаков. Вокруг детерминанта складывается определенный набор консортов. В массовых поселениях анфельции в разных районах океана наблюдается относительно идентичный состав модельных видов. Стабильность консорций и их организация обеспечивают динамическое равновесие в сообществе. Такие виды как травяная креветка (*Pandalus latirostris*), трепанг, птилота (*Ptilota filicina*) присутствуют на полях анфельции во всех районах обитания. К настоящему времени мы выявили порядка 30 организмов, являющимися «модельными» для полей анфельции залива Петра Великого и составляющих экологическое «ядро» структуры населения пластов [6]. Функциональная роль пласта в качестве седиментатора дает возможность консортам увеличивать численность и биомассу.

Следует обратить внимание на отдельные типы связей в консорции. Их приоритетная значимость может изменяться. Если рассматривать консорцию анфельция – трепанг на личиночной стадии трепанга, то наиболее важной функциональной особенностью такого образования, влияющей на выживаемость всей совокупности беспозвоночных, является топический аспект, который определяется обширностью субстрата для оседания и наличием укрытий на ранних стадиях развития. В дальнейшем, для молоди этого же вида приоритетными становятся трофические связи.

В водных экосистемах возможно построение консорции вокруг ядра, состоящего из двух видов-детерминантов. В нашем случае примером может служить формирование консорции анфельция – травяная креветка – zostера. В анфельции креветка укрывается на зимовку (основная связь – топическая, трофическая – сопутствующая), в zostере происходит нерест, нагул (основная связь трофическая, топическая – сопутствующая) [7].

Изучение сообщества анфельции на основе консортивных связей вида – эдификатора позволило более четко определить значимость вида в сообществе: это не только дополнительный субстрат для обитания многих организмов, но и источник энергии для их существования. Вид – детерминант видоспецифично организует и модифицирует среду обитания. Благодаря именно ему в данном сообществе появляются виды, которые входят в него только через связь с детерминантом.

Следует отметить, что в пределах пласта анфельции распределение (анфельция – трепанг, анфельция – травяная креветка, анфельция – серый морской еж и др.) относительно постоянно во времени характеризуются четкими границами.

### Литература

1. *Титлянова Т.В.* Видовой состав и распределение водорослей в пласте промыслового поля анфельции в проливе Старка // Биология анфельции. – Владивосток, 1980. – С. 15–20.
2. *Жильцова Л.В., Гусарова И.С., Кулепанов В.Н.* Консортивные связи анфельции /Морские прибрежные экосистемы. Водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки: Тез. докл. 3-й Междунар. науч.-практ. конф. – Владивосток: ТИПРО – Центр, 2008. – С. 61.
3. *Павлюк О.Н., Требухова Ю.А.* Сообщество мейобентоса пласта анфельции тобучинской в проливе Старка (Амурский залив, Японское море): Тез. докл. X Съезда гидробиол. общества при РАН. – Владивосток: Дальнаука, 2009. – С. 303.
4. *Петров К.М.* Основные положения морской фитоценологии: Материалы междунар. науч. конф. VII школы по морской биологии. – Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2008 – С. 303.
5. *Лавин П.И., Чернышев В.Д.* Расчеты скорости фотосинтеза морской промысловой водоросли *Ahnfeltia tobuchiensis* // Оперативные информационные материалы. – Иркутск, 1977. – С. 28–29.
6. *Жильцова Л.В.* К вопросу сохранения видового состава сообщества анфельции тобучинской в условиях промысла (залив Петра Великого, Японское море) // Тез. докладов Второй междунар. науч.-практ. конф. «Биоразнообразие и устойчивое развитие». – Симферополь, 2012. – С. 362–364.
7. *Жильцова Л.В.* Некоторые особенности экологии травяного чилима *Pandalus latirostris* пролива Старка (Японское море) // Сб. материалов VIII всерос. науч. конф. «Промысловые беспозвоночные» – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2015. – С. 118–119.

УДК [595.384.2.08:574.64](268.45)

**А.М. Лаптева**

*Полярный научно-исследовательский институт  
морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича,  
Мурманск, 183038  
e-mail: lapteva@pinro.ru*

**ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ  
МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В КАМЧАТСКОМ КРАБЕ (*PARALITHODES CAMTSCHATICUS*)  
БАРЕНЦЕВА МОРЯ**

Представлены результаты исследований содержания микроэлементов (Cu, Zn, Ni, Cr, Mn, Co, Fe, Pb, Cd, As, Hg) в мышцах камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии. Дается количественная и качественная оценка содержания токсичных элементов (Pb, Cd, As, Hg) в мягких тканях краба, являющегося важным промысловым объектом.

**Ключевые слова:** Баренцево море, Мурманское мелководье, Восточный Прибрежный район, камчатский краб, микроэлементы.

**A.M. Lapteva**

*Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography,  
Murmansk, 183038  
e-mail: lapteva@pinro.ru*

**ECOTOXICOLOGICAL SPECIFICITY OF TRACE ELEMENT DISTRIBUTION  
IN RED KING CRAB (*PARALITHODES CAMTSCHATICUS*)  
FROM THE BARENTS SEA**

The analysis results of trace elements (Cu, Zn, Ni, Cr, Mn, Co, Fe, Pb, Cd, As, Hg) in the muscles of red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) by atomic absorption spectrophotometry are presented. Quantitative and qualitative assessment of the content of toxic elements (Pb, Cd, As, Hg) in the soft tissues of the crab which is an important commercial species is given.

**Key words:** Barents Sea, Murmansk shallow water, Eastern coastal area, king crab, trace elements.

В настоящее время в Баренцевом море наблюдается устойчивая тенденция увеличения общей и промысловой численности камчатского краба, и ведется его активный промысел. Ареал распространения вселенца постоянно расширяется, и краб теперь уже стал полноправным членом донной фауны Баренцева моря. Камчатский краб приобрел множество трофических связей с бентосными организмами моря, так или иначе влияя на их численность и поведение. Кроме того, он выступает в роли активного «ассенизатора» акватории, поедая различные органические и антропогенные остатки, также крабы сами служат пищей рыбам и морским млекопитающим [1, 2].

Цель настоящей работы – выявить общие тенденции содержания и распределения микроэлементов (Cu, Zn, Ni, Cr, Mn, Co, Fe, Pb, Cd, As, Hg) в органах и тканях камчатских крабов (*Paralithodes camtschaticus*) Баренцева моря.

Материалом исследований послужили пробы мягких тканей 25-ти экземпляров камчатских крабов, отловленных на Мурманском мелководье и в Восточном прибрежном районе Баренцева моря в 2014 г. Подготовка и анализ проб на содержание микроэлементов были выполнены в соответствии с ГОСТ 26929-94 [3]. Анализ проб на содержание микроэлементов проводился методами пламенной и непламенной атомно-абсорбционной спектрофотометрии на приборе фирмы «Shimadzu», модель AA-6800 (Япония).

Мясо краба – это деликатесный продукт, являющийся источником незаменимых белков, жиров, углеводов, витаминов и микроэлементов. В мягких тканях всех проанализированных крабов присутствовали важные элементы, так называемые «металлы жизни», которые располагались в следующей последовательности:  $Zn > Fe > Cu > Mn > Ni > Cr > Co$  (табл. 1).

В мышцах исследованных крабов преобладали медь, железо и цинк, а их среднее содержание варьировало от 7,0 до 37 мкг/г сырой массы. Содержание Co, Cr, Ni и Mn в тканях изменялось в пределах 0,32–0,70 мкг/г сырой массы.

Таблица 1

Содержание металлов в мягких тканях *Paralithodes camtschaticus*, мкг/г сырой массы

Металл	Co	Cr	Ni	Mn	Cu	Fe	Zn
Min	0,04	0,01	0,01	0,10	3,10	6,72	22,7
Max	0,60	0,90	1,00	3,80	13,0	46,4	48,4
Среднее (n = 25)	0,32 ± 0,03	0,50 ± 0,04	0,50 ± 0,05	0,70 ± 0,17	7,11 ± 0,53	12,0 ± 1,6	37,0 ± 1,0

Выявлена положительная корреляционная связь между Fe и Mn с очень высокой степенью близости коэффициента корреляции ( $r = 0,95\%$  по шкале Харрингтона) [4]. Значимая линейная корреляция Fe и Mn указывала на наличие ассоциации между этими элементами.

Железо и марганец поступают в пищеварительный канал краба с пищей на поверхности коллоидных частиц нерастворимых солей Mg или Al, где, происходит эффект ингибирования абсорбции Fe и Mn [5]. Кроме того, Mn попадает в организм, пройдя жаберный эпителий, и транспортируется по гемолимфе, растворяясь в плазме, будучи связанным с белками гемолимфы, преимущественно с гемоцианином (80–90%). Марганец в основном накапливается в органеллах, таких как митохондрии, аппарат Гольджи и везикулы [6]. Марганец является синергистом железа, необходимым для поддержания его гомеостаза. Кроме того, Mn поддерживает активность ферментов, отвечающих за внутриклеточную передачу сигнала от окиси азота [7].

Медь и цинк – это металлы, образующие прочные комплексные связи с органическими лигандами. Цинк входит в состав важного фермента – карбоангидразы, который отвечает за скорость процесса связывания углекислого газа. Также Zn принимает участие в процессах деления и дифференцировки клеток, функционировании десятков ферментов, инсулина поджелудочной железы и др. Медь в организме беспозвоночных обратимо присоединяет кислород в составе гемоцианина [8].

Остальные изученные нами микроэлементы (Co, Ni, Cr) также активно участвуют в регуляции обменных процессов крабов. Кроветворение у живых организмов может осуществляться только при нормальном взаимодействии трех биоэлементов – кобальта, меди и железа. Кобальт входит в состав молекулы цианокобаламина, активно участвует в ферментативных процессах, повышает усвоение железа и синтез гемоглобина, является мощным стимулятором эритропоэза. Никель и хром участвуют в процессах углеводного обмена и гликогена [5].

Особенности относительного содержания жизненно важных элементов в мягких тканях крабов в зависимости от массы и ширины карапакса ракообразных представлены на рис. 1.

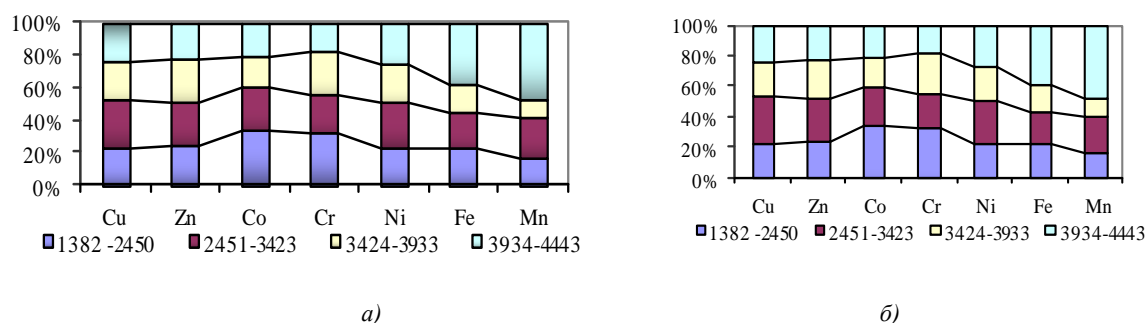


Рис. 1. Относительное содержание микроэлементов в крабах в зависимости от массы и размера: а) масса, г; б) ширина карапакса, мм

С увеличением общей массы тела, интенсивность обмена в организме растет, тогда как удельная (отнесенная к единице массы тканей) – уменьшается. Важно также учитывать величину поверхности тела, ведь при увеличении линейных размеров тела его масса возрастает в кубе, а площадь – в квадрате. Поэтому потребность в том или ином элементе в организме может существенно меняться [9].

Медь и цинк распространялись в тканях всех крабов равномерно. В то же время самые легкие и мелкие особи имели более высокое содержание Co и Cr. В крупных крабах наблюдалась тенденция к активной аккумуляции Ni, Mn и Fe. Ведь хронический дефицит Ni, Mn и Fe приводит к задержке обменных процессов и нарушению метаболизма, а также возникновению ряда дистрофических нарушений [6].

Критериями загрязненности морских беспозвоночных являлись санитарно-эпидемиологические правила и нормативы РФ (СанПиН 2.3.2.1078-01) [10]. В России в нерыбных объектах промысла нормируются только свинец, мышьяк, кадмий и ртуть. Среднее содержание свинца, кадмия, мышьяка и ртути в мышцах крабов не превышало допустимые уровни – 10,0, 2,0, 5,0 и 0,2 мкг/г сырой массы соответственно (рис. 2). В то же время содержание мышьяка в мышцах отдельных крабов варьировало от 5,1 до 6,6 мкг/г сырой массы, что превышало гигиенический норматив.

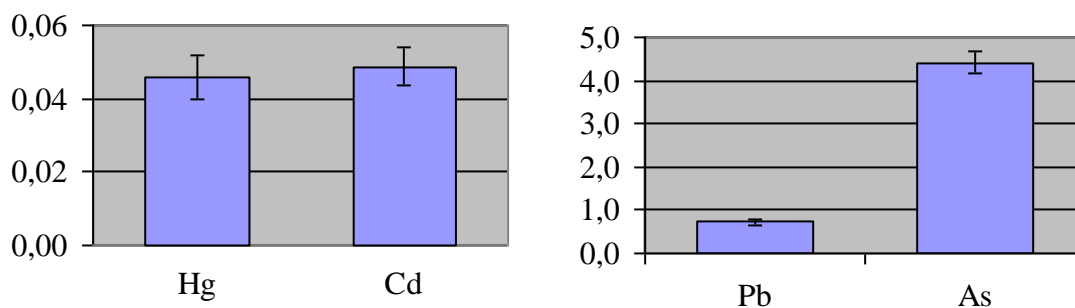


Рис. 2. Среднее содержание Hg, Cd, Pb и As в мышцах крабов, мкг/г сырой массы

Динамику содержания металлов в зависимости от массы и размера крабов можно проследить на рис. 3.

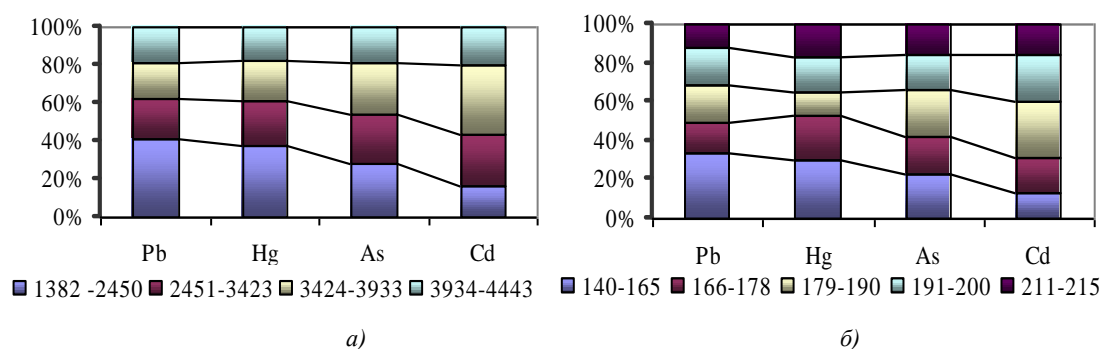


Рис. 3. Относительное содержание микроэлементов в крабах в зависимости от массы и размера: а) масса, г, б) ширина карапакса, мм

В исследованных крабах с минимальными показателями массы и размера активно накапливались Pb и Hg, так как содержание ртути и ее соединений в организме связано с относительными размерами животного. Так как наружная адсорбция и поглощение организмом ртути в основном происходит поверхностью всего тела [11]. Содержание As и Cd в зависимости от массы и ширины карапакса в мягких тканях краба в большинстве случаев достоверно не отличалось.

Для сравнительной оценки содержания микроэлементов в мягких тканях камчатского краба приведем данные микроэлементарного состава других представителей отряда Decapoda (табл. 2). Микроэлементный состав десятиногих ракообразных варьирует в пределах одного порядка.

Основной источник микроэлементов в теле ракообразных это пища. По типу питания камчатский краб, как и многие донные ракообразные, эврифаг. В желудках крабов встречаются остатки иглокожих, морских звезд, многощетинковых червей – полихет, мелких брюхоногих и двустворчатых моллюсков, усконогих раков, водорослей. Камчатские крабы предпочитают исключительно свежую пищу, и даже переходя к некрофагии (например, при питании отходами рыбного промысла), они потребляет только свежие трупы или рыбные отходы.

Таблица 2

Содержание микроэлементов в тканях десятиногих раков Decapoda,  
мкг/г сырой массы

Название	Cu	Zn	Ni	Cr	Mn	Co	Pb	Fe	Cd	As	Hg
<i>Hyas araneus</i>	10,7	18,2	0,98	1,19	8,61	0,85	0,42	113	0,58	6,82	0,06
<i>Chionoecetes opilio</i>	10,9	20,2	1,82	0,90	18,7	1,00	0,30	253	0,28	15,0	0,02
<i>Pagurus pubescens</i>	22,6	22,1	2,22	2,10	16,8	1,72	0,21	174	0,47	10,5	0,04
<i>Sclerocrangon boreas</i>	5,12	10,1	0,32	1,40	2,80	1,30	0,40	39,6	0,67	15,0	0,01
<i>Sabinea septemcarinata</i>	3,00	9,00	0,38	2,05	3,39	0,67	0,55	43,0	0,15	19,7	0,05
<i>Pandalus borealis</i>	3,15	22,1	5,66	1,29	1,13	0,44	0,41	34,5	0,11	5,30	0,04

Часто в пищевых комках неполовозрелых и взрослых крабов встречается обилие несъедобных объектов антропогенного происхождения, а также кутикула полихет, известковые тельца иглокожих, осколки раковин, биссусные железы и нити, оперкулюмы, кусочки детрита и грунта [2]. В желудках крабов иногда встречаются кости рыб, хотя последних крабы не могут поймать живыми ввиду своей медлительности. Исследователи питания крабов дальневосточных морей, указывают, что предпочтительного объекта пищи у крабов нет. В желудках доминирует тот доступный по размерам для употребления в пищу вид, который является массовым в конкретном районе обитания пойманного краба [12].

Звенья трофической цепи питания краба содержат достаточно большое количество микроэлементов и способны накапливать их в десятки и сотни раз больше, чем органы и ткани ракообразного. Особенно активными концентраторами металлов являются гидроиды, полихеты и брюхоногие моллюски. Совершенно очевидно, что кормовые объекты являются основными источниками поступления микроэлементов в тело крабов [13].

В то же время организм крабов способен к саморегулированию и восстановлению баланса необходимых веществ. Избавляться от переизбытка микроэлементов крабам помогает не только прекрасные органы осморегуляции, но и периодические и преждевременные линьки. Существует мнение, что в процессе линьки в сброшенном панцире содержится значительное количество Pb, Cu, Zn и других микроэлементов. Вероятно, таким способом крабы избавляются от их избыточного содержания [14].

Таким образом, среднее содержание свинца, кадмия, мышьяка и ртути в мышцах крабов не превышало допустимые уровни содержания металлов в нерыбных объектах промысла. В то же время в некоторых крабах наблюдалось повышенное содержание мышьяка.

Мышьяк в основном содержится в морских организмах в результате естественных процессов в море. Известно, что токсичность и канцерогенность As зависит от его валентности, и что в морепродуктах содержатся органические соединения мышьяка, которые являются совершенно безвредными и к тому же быстро выводятся из организма. Действующий норматив регламентирует содержание общего мышьяка, который в животных тканях находится в нетоксичных формах с небольшим содержанием неорганического токсического As (менее 1%) [15, 16].

В теле камчатских крабов в течение всей жизни происходит интенсивная аккумуляция веществ, которые им необходимы для нормальной жизнедеятельности. Эти микроэлементы входят в состав ферментов, гормонов, витаминов и биологически активных веществ в качестве комплексообразователей или активаторов, участвуют в обмене веществ, процессах размножения, тканевого дыхания, обезвреживания токсических веществ. Участие этих веществ в обменных процессах может ограничиваться отдельными тканями, органами, условиями обитания или другими внешними и внутренними факторами и в ряде случаев требует дополнительного экспериментального подтверждения и изучения.

### Литература

1. Дворецкий А.Г. Вселение камчатского краба в Баренцево море и его воздействие на Камчатский краб в Баренцевом море. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2003. – 383 с.
3. ГОСТ 26929-94. Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения токсичных элементов. – М.: Изд-во стандартов, 1994. – С. 34–40.
4. Белозерова Р.Х., Шабанова А.В. Разработка методики оценки и сравнения уровня загрязненности городских водоемов с использованием шкалы Харрингтона // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2011. – Т. 1, № 1. – С. 142–144.
5. Скальный А. В. Химические элементы в физиологии и экологии человека. – М.: Мир, 2004. – 216 с.
6. Baden S. P., Eriksson S.P. Role, routes and effects of manganese in crustaceans // Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev. – 2006. – Vol. 44. – P. 61–83.
7. Торшин И. Ю., Громова О. А., Хаджидис А. К. Систематический анализ молекулярных механизмов воздействия железа, меди, марганца в патогенезе железodefицитной анемии // Клини. фармакология. – 2010. – № 3. – С. 8–10.
8. Яценко А. В. Комплексные соединения в процессах дыхания живых существ [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.chem.msu.su/rus/teaching/general/protein.pdf>. – Загл. с экрана.
9. Шмидт-Нельсен К. Физиология животных. Приспособление и среда. – М.: Мир. 1982. Кн. 1. – 416 с.
10. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы (СанПиН 2.3.2.1078-01). – М.: Минздрав России, 2002. – 164 с.
11. Ртуть: Экологические аспекты применения. – Женева: Всемирная организация здравоохранения, 1992. – 127 с.
12. Слизкин А., Сафронов С. Промысловые крабы прикамчатских вод. – Петропавловск-Камчатский: Северная пачифика, 2000. – 142 с.
13. Лантева А.М. Микроэлементы в беспозвоночных Баренцева моря // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: Материалы IV Всерос. науч.-практ. конф. (18–22 марта 2013 г.) – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2013. – С. 178–183.
14. Bergey L.L., Weis J. S. Molting as a mechanism of depuration of metals in the fiddler crab *Uca pugnax* // Mar. Environ. Res. – 2007. – Vol. 64. – P. 556–562.
15. Лантева А.М. Содержание мышьяка в тканях камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* из различных районов Баренцева моря // Материалы конф. молодых ученых, посвященной 80-летию ПИНРО (14 марта 2001 г.). – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2001. – С. 53–58.
16. The determination of chemical elements in food: applications for atomic and mass spectrometry / Edited by S. Caroli. – New Jersey: Published by John Wiley and Sons, Inc., 2007. – 733 p.



УДК [551.46.09:504.5](268.45.03)

**Н.Ф. Плотицына, Т.А. Зимовейскова**

*Полярный научно-исследовательский институт  
морского рыбного хозяйства и океанографии им.Н.М. Кнуповича,  
Мурманск, 183038  
e-mail: nplotits@pinro.ru*

**ПЕРСИСТЕНТНЫЕ ХЛОРИРОВАННЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ  
В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ БАРЕНЦЕВА МОРЯ  
НА СТАНДАРТНОМ РАЗРЕЗЕ «КОЛЬСКИЙ МЕРИДИАН»**

Полученные результаты подтверждают низкий уровень загрязнения донных отложений Баренцева моря на стандартном разрезе «Кольский меридиан», который не окажет существенного влияния на состояние запасов промысловых рыб.

**Ключевые слова:** Баренцево море, персистентные хлорированные углеводороды, донные отложения, стандартный разрез «Кольский меридиан».

**N.F. Plotitsyna, T.A. Zimoveyskova**

*Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography,  
Murmansk, 183038  
e-mail: nplotits@pinro.ru*

**PERSISTENT CHLORINATED HYDROCARBONS IN BOTTOM SEDIMENTS  
THE BARENTS SEA ON THE STANDARD SECTION “KOLA MERIDIAN”**

The results confirm the low contamination level of the bottom sediments from the Barents Sea on the standard section “Kola meridian”, which does not have a significant impact on the status of commercial fish stocks.

**Key words:** Barents Sea, persistent chlorinated hydrocarbons, bottom sediments, standard section “Kola meridian”.

Среди загрязняющих веществ, попадающих в моря и океаны в результате хозяйственной деятельности человека, наибольшее внимание уделяется хлорированным углеводородам. Эти стойкие химические соединения относятся к группе неприродных компонентов окружающей среды (ксенобиотиков) и представляют наибольшую опасность для биосферы. Хлорированные углеводороды включают в себя хлорорганические пестициды (ХОП) и полихлорбифенилы (ПХБ) – соединения, сходные с хлорорганическими пестицидами по своим физико-химическим свойствам. Их многолетнее бесконтрольное использование привело к повсеместному распространению и накоплению как в биотических, так и абиотических компонентах наземных и морских экосистем [1]. В связи с этим с 1979 по 1982 гг. во многих европейских странах, США и Японии был введен запрет на производство ХОП и ПХБ, но тенденция к расширению использования ХОП и ПХБ во многих развивающихся странах определяет условия, при которых проблема глобального распространения этих соединений в окружающей природной среде не теряет актуальности и в настоящее время [2]. Остаточные количества хлорированных углеводородов поступают в Баренцево море главным образом с атлантическими водами и в результате крупномасштабного атмосферного переноса.

Донные отложения (ДО) являются важной составляющей водных экосистем, где аккумулируется большая часть органических и неорганических веществ, в том числе наиболее опасных и токсичных. При определенных условиях, приводящих к изменению гидродинамической обстановки, состава и свойств воды и других факторов, они могут стать источником вторичного загрязнения водных масс. Информация о состоянии водных объектов, анализируемая без учета сведений о загрязненности ДО, может привести к ошибочным выводам [3].

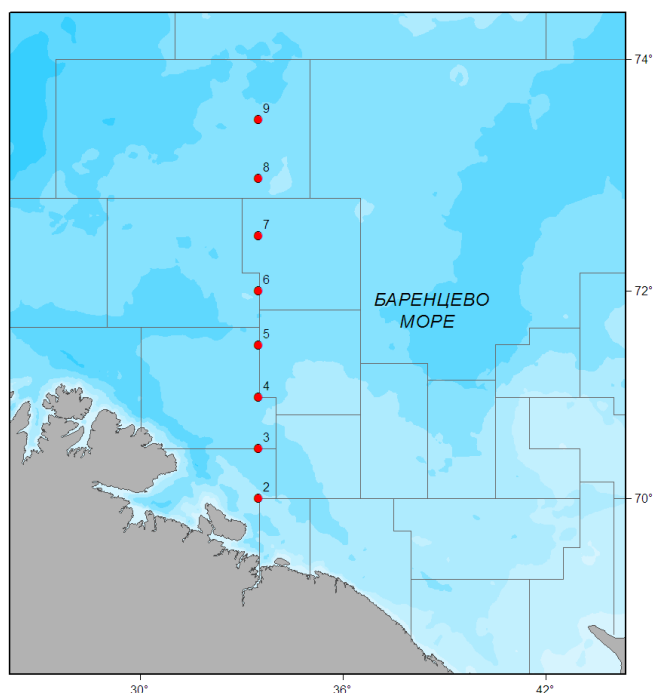


Рис. 1. Схема станций отбора проб донных отложений на стандартном разрезе «Кольский меридиан» в Баренцевом море

Выполнены определения хлорорганических соединений (ХОС) в пробах ДО, собранных в феврале 2015 г. на стандартном (вековом) разрезе «Кольский меридиан» в Баренцевом море (рис. 1).

Отбор, подготовка и химический анализ проб ДО на 8-ми станциях стандартного разреза «Кольский меридиан» выполнены в соответствии с нормативными документами и методическими руководствами [4–8]. Лаборатория прикладной экологии и токсикологии ФГБНУ «ПИНРО» аккредитована в системе аккредитации аналитических лабораторий на техническую компетентность и независимость (аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.518450).

ХОП- $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -изомеры гексахлорциклогексана (ГХЦГ), гексахлорбензол (ГХБ), группа хлордана (*цис*-, *транс*-хлордан, *цис*-, *транс*-нонахлор, оксихлордан), дихлордифенилтрихлорэтан (ДДТ), его метаболиты ДДД и ДДЕ, а также ПХБ (конгенеры с номерами по номенклатуре IUPAC:

28, 31, 52, 99, 101, 105, 118, 138, 153, 156, 180) определялись методом газовой хромато-масс-спектрометрии на хромато-масс-спектрометре GCMS-QP2010 Plus фирмы «Shimadzu» (Япония) с капиллярной кварцевой колонкой HP-5 MS длиной 30 м. Идентификация индивидуальных соединений проводилась в режиме SIM (селективный мониторинг ионов). Количественное определение выполнялось с использованием многоуровневой калибровки тестовыми смесями, приготовленными из сертифицированных кристаллических ХОП и ПХБ фирмы «Sigma-Aldrich» (США). Для автоматической обработки результатов анализа использовалась программа «GCMSsolution 2.5» фирмы «Shimadzu» (Япония).

В России отсутствуют нормативы содержания загрязняющих веществ в морских ДО, поэтому для оценки степени загрязненности ДО было использовано норвежское руководство по классификации качества окружающей среды в фьордах и прибрежных водах [9]. Кроме норвежского руководства использовались также значения содержания ХОС в морских ДО по литературным и собственным данным [1, 2, 10–12]. Конечным этапом распределения хлорированных углеводородов в морской среде являются процессы седиментации, поэтому их содержание в ДО наиболее достоверно отражает общий уровень загрязнения экосистемы.

ГХЦГ представляет собой смесь 8 изомеров, но в Советском Союзе использовалась обогащенная смесь ГХЦГ, которая на 90% состояла из  $\gamma$ -ГХЦГ (линдана). Известно, что линдан ( $\gamma$ -ГХЦГ) разлагается микроорганизмами и под воздействием внешних факторов, в основном солнечной радиации, превращается в  $\alpha$ -ГХЦГ, который наиболее стабилен в окружающей среде. Поэтому, несмотря на большую токсичность,  $\gamma$ -ГХЦГ оказывает менее сильное отрицательное воздействие на окружающую среду, чем  $\alpha$ - и  $\beta$ -изомеры ГХЦГ, которые обладают канцерогенными свойствами и относятся к экологически опасным соединениям [13].

Суммарное содержание изомеров  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -ГХЦГ в исследованных ДО варьировало в широком диапазоне от 0,66 до 3,05 при среднем значении  $1,45 \pm 0,83$  нг/г сухой массы. Наименьшее содержание характерно для илистого песка – 0,66 нг/г сухой массы (ст. 2). В песчаном и глинистом илах (ст. 6, 7, 8, 9) содержание  $\Sigma$ ГХЦГ было выше и варьировало от 1,16 до 3,05 нг/г сухой массы. Эти величины отражают условия накопления загрязняющих веществ в ДО различного генетического типа. Увеличение относительного содержания  $\alpha$ -ГХЦГ по сравнению другими изомерами ГХЦГ свидетельствовало о его давнем поступлении в окружающую среду [14]. В ДО на восьми станциях (со 2-ой по 9-ю) стандартного разреза «Кольский меридиан» отношение содержания  $\alpha$ -ГХЦГ/ $\gamma$ -ГХЦГ > 1 подтверждало их давнее загрязнение этим пестицидом.

Суммарное содержание ГХЦГ в ДО на станциях разреза «Кольский меридиан» возрастало по направлению от прибрежной зоны в открытое море, что указывало на поступление этого пестицида в Баренцево море не только с водами Северо-Атлантического течения, но и с атмосферными осадками в результате дальнего атмосферного переноса (рис. 2).

По нашим данным среднее содержание ГХЦГ в ДО открытых районов Баренцева моря составляло 2,75 нг/г сухой массы при интервале колебаний от 0,41 до 9,92 нг/г сухой массы [12]. Следовательно, суммарное содержание изомеров ГХЦГ в донных отложениях на станциях стандартного разреза «Кольский меридиан» хорошо укладывается в указанный интервал колебаний. В соответствии с классификацией Норвежского Государственного Агентства по охране окружающей среды (SFT), величины содержания изомера  $\gamma$ -ГХЦГ (линдана) в исследованных ДО соответствовали критерию «незначительное загрязнение» (<1,1 нг/г сухой массы) [9].

В ДО на ст. 2–9, представленных илистым песком, песчанистым и глинистым илами, остаточное количество ГХБ изменялось очень незначительно от 0,05 до 0,11 нг/г сухой массы. По норвежской классификации оно было значительно ниже фонового уровня (0,5 нг/г сухой массы) [9]. В ДО на разрезе «Кольский меридиан» содержание отдельных изомеров хлордана было ниже предела обнаружения применяемого метода анализа. В предыдущие годы в ДО открытой части Баренцев моря обнаруживался только изомер *trans*-хлордан. Его содержание изменялось от аналитического нуля до 0,70 нг/г сухой массы, т.е. было очень незначительно. В прошлом соединения группы хлордана широко использовались как средство для борьбы с различными грызунами, в препаратах для протравки семян и зерна [15]. В настоящее время его остаточные количества поступают в Баренцево море преимущественно с водами Северо-Атлантического течения [11, 12].

Суммарное содержание ДДТ и его метаболитов ДДД и ДДЕ в верхнем слое ДО на станциях стандартного разреза «Кольский меридиан» варьировало от 0,97 до 2,19 при среднем значении  $1,39 \pm 0,37$  нг/г сухой массы (рис. 3).

Наименьшее содержание характерно для илистого песка – 0,97 нг/г сухой массы (ст. 2). В песчанистом и глинистом илах (ст. 6,7, 8, 9) содержание  $\Sigma$ ДДТ было выше и варьировало

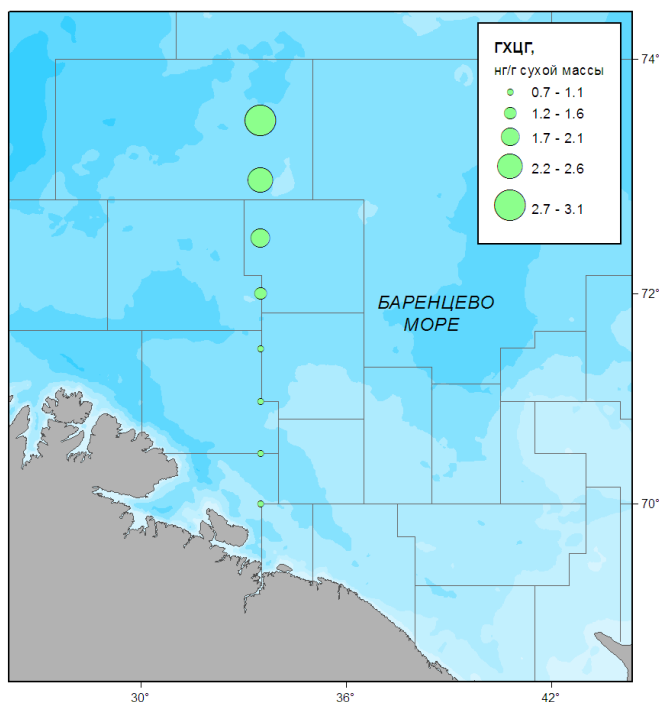


Рис. 2. Суммарное содержание изомеров ГХЦГ в донных отложениях на станциях стандартного разреза «Кольский меридиан»

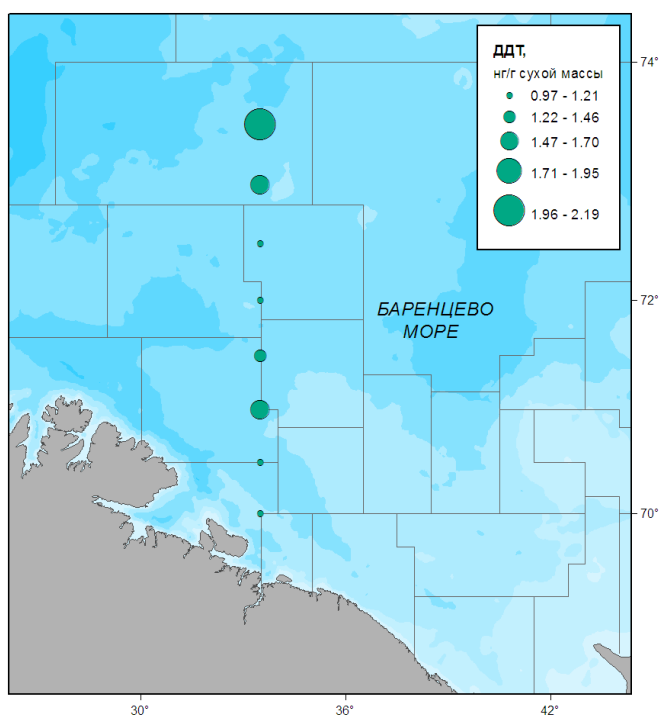


Рис. 3. Суммарное содержание ДДТ в донных отложениях на станциях стандартного разреза «Кольский меридиан»

от 1,19 до 2,19 нг/г сухой массы. Эти величины отражают условия накопления загрязняющих веществ в ДО различного генетического типа. Согласно литературным данным в биотических и абиотических компонентах морских арктических экосистем величина отношения содержания суммы изомеров ДДТ к сумме изомеров ДДД и ДДЕ меньше 1 ( $ДДТ/ДДД+ДДЕ < 1$ ) указывает на давнее поступление пестицида ДДТ в окружающую среду [16, 17]. Суммарное содержание изомеров ДДЕ и ДДД в ДО превышало содержание изомеров ДДТ ( $ДДТ/ДДД+ДДЕ < 1$ ) [0,45–0,73] практически на всех исследованных станциях стандартного разреза «Кольский меридиан» и свидетельствовало о длительном процессе трансформации пестицида ДДТ в более стойкие метаболиты, т.е. о «старом» загрязнении. По норвежской классификации суммарное содержание 6-ти метаболитов ДДТ в исследованных ДО соответствовало критерию «незначительное загрязнение» [9]. Суммарное содержание ДДТ в ДО на станциях стандартного разреза «Кольский меридиан» возрастало по направлению от прибрежной зоны в открытое море, что указывало на поступление этого пестицида в Баренцево море не только с водами Северо-Атлантического течения, но и с атмосферными осадками в результате дальнего атмосферного переноса (рис. 3).

В СССР, а в последствии и в России, ПХБ в массовом количестве производили с 1934 до конца 1995 гг. и в основном применяли в качестве диэлектриков в трансформаторах и конденсаторах под названиями «Совол» и «Совтол». Кроме того, наша промышленность выпускала продукт под названием «Трихлордифенил». Он предназначался для арктических широт и состоял на 85% из Совола. По физико-химическим свойствам Совол наиболее близок к Aroclor 1254 [18]. Следовательно, главным источником поступления в окружающую среду таких стойких органических загрязнителей, как ПХБ, являются промышленные выбросы: утечки из трансформаторов, конденсаторов, гидравлических систем и теплообменников. Локальное значение имеет прямой сброс с кораблей гидравлических жидкостей и смазок [19], что наиболее

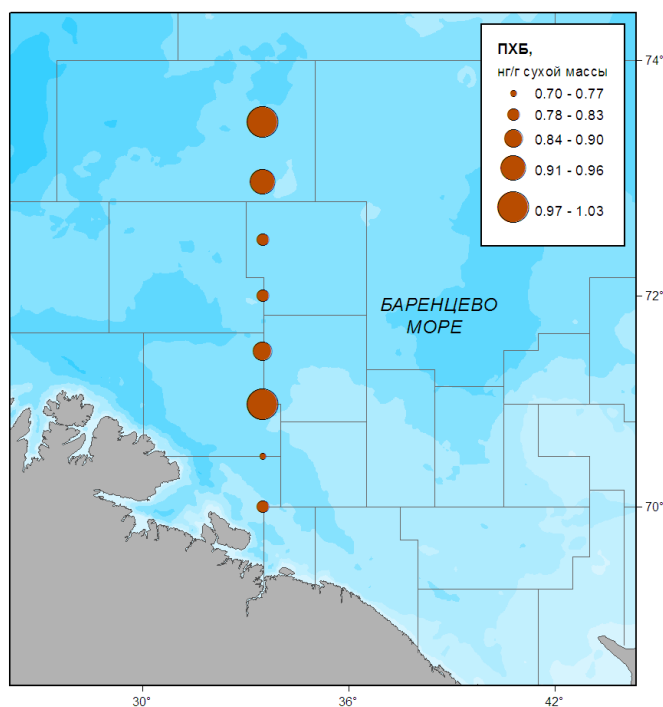


Рис. 4. Суммарное содержание ПХБ в донных отложениях на станциях стандартного разреза «Кольский меридиан»

актуально для Баренцева моря, где постоянно промышленно рыболовные суда и проводят учения корабли ВМФ. По расчетным данным на ДО приходится около 90% общего содержания ПХБ в морской среде, вследствие чего они наиболее достоверно отражают состояние загрязнения морских экосистем [1]. Суммарное содержание конгенов ПХБ в ДО на станциях стандартного разреза «Кольский меридиан» варьировало от 0,70 до 1,03 при среднем значении  $0,87 \pm 0,10$  нг/г сухой массы (рис. 4). По нашим данным среднее содержание ПХБ в ДО открытых районов Баренцева моря составляло  $0,76 \pm 0,26$  нг/г сухой массы при интервале колебаний от 0,33 до 1,24 нг/г сухой массы [12]. Следовательно, суммарное содержание конгенов ПХБ в ДО на станциях стандартного разреза «Кольский меридиан» хорошо укладывается в указанный интервал колебаний. Из индивидуальных соединений ПХБ в верхнем слое исследованных ДО преобладали тетра-, пента- и гексахлорированные бифенилы, доминирующие в составе промышленных смесей типа Aroclor (российские аналоги Совол и Совтол). Их величины составляли до 80 % суммарного содержания ПХБ. Согласно критериям загрязненности морских ДО, принятым в Норвегии, суммарное содержание семи конгенов ПХБ с номерами 28, 52, 101, 118, 138, 153 и 180 в ДО на станциях стандартного разреза «Кольский меридиан» соответствовало техногенному фоновому уровню ( $< 5$  нг/г сухой массы) [9].

Полученные результаты подтверждают низкий уровень загрязнения ХОП и ПХБ проб ДО на восьми станциях векового разреза «Кольский меридиан», соответствующий содержанию ХОС в пробах ДО из других районов Баренцева моря, который не может оказать существенного влияния на состояние запасов донных промысловых рыб.

### Литература

1. Израэль Ю.А., Цыбань А.В. Антропогенная экология океана. – М.: Флинта: Наука, 2009. – 532 с.
2. Мониторинг фонового загрязнения природных сред / Под ред. Ю.А. Израэля и Ф.Я. Ровинского. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – Вып. 3. – 256 с.
3. РД 52.24.609-99. Методические указания. Организация и проведение наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях. – СПб.: Гидрометеиздат, 1999. – 18 с.
4. РД 52.10.556-95. Методические указания. Определение загрязняющих веществ в пробах морских донных отложений и взвеси. – М.: ГОИН, 1995. – 256 с.
5. Методика выполнения измерений массовой доли полихлорированных бифенилов в почве и донных отложениях методами газовой хроматографии и хромато-масс-спектрометрии (М-МВИ-09-97). – СПб: НПО «Мониторинг», 1997. – 46 с.
6. ГОСТ 17.1.5.01-80. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений для анализа на загрязненность. – М.: ИПК «Издательство стандартов», 2002. – 5 с.
7. Методика выполнения измерений массовой доли хлорорганических пестицидов в пробах почв и донных отложений методом хромато-масс-спектрометрии с изотопным разбавлением (М-МВИ-209-08). – СПб., 2008. – 37 с.
8. ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб. – М.: Стандартиформ, 2013. – 36 с.
9. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann – Revisjon av aklassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter / T. Bakke, G. Breedveld, T. Kællgvist [et al.] //SFT Veiledning, TA -2229/2007. – 12 s. (In Norwegian).
10. Мониторинг фонового загрязнения природных сред / Под ред. Ю.А. Израэля и Ф.Я. Ровинского. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – Вып. 4. – 384 с.
11. Жилин А.Ю., Плотыцина Н.Ф. Мониторинг загрязняющих веществ в экосистеме Баренцева моря // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование: Материалы V Всерос. науч.-практ. конф. (25-27 марта 2014 г.). – Ч. 1. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2014. – С. 166–170.
12. Жилин А.Ю., Плотыцина Н.Ф. Мониторинг загрязняющих веществ в воде и донных осадках Баренцева моря // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование: Материалы VI Всерос. науч.-практ. конф. (24–26 марта 2015 г.). – Ч. 1. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2015. – С. 60-64.
13. Кольский залив: океанография, биология, экосистемы, поллютанты / Коллектив авторов. – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1997. – 265 с.
14. Benezet H.J., Matsumara F. Isomerisation of g-BCH to a-BCH in the environment // Nature. – 1973. – No. 243. – P. 480–481.
15. Мельников Н.Н. Химия и технология пестицидов. – М.: Изд-во «Химия», 1974. – 767 с.
16. Distribution of persistent organochlorines in the oceanic air and surface sea water and the role of ocean on their global transport and fate / H. Iwata, S. Tanabe, N. Sakai, R. Tatsukawa // Environ Sci. Technol. – 1993. – V. 27. – P. 1080–1098.
17. Chernyak S.M., McConnel L.L., Rice C.B. Fate of some chlorinated hydrocarbons in arctic and far eastern ecosystems in the Russian Federation // Sci. Total Environ. – 1995. – V.160/161. – P. 75–85.
18. Майстренко В.Н., Ключев Н.А. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 323 с.
19. Стойкие органические загрязнители: пути решения проблемы / В.В. Худолей, Е.Е. Гусаров, А.В. Клинский, Г.А. Ливанов и др. – СПб.: НИИХ СПбГУ, 2002. – 363 с.

УДК [502.51:502.174](285.2:571.66)

**Л.Н. Саушкина, Р.В. Лонгинова**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: liubanil@mail.ru*

### **О ВОЗМОЖНОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОЗЕРА КУЛТУЧНОЕ БИОПРЕПАРАТОМ МИКРОЗИМ «ПОНД ТРИТ»**

Предложены меры, направленные на биологическую реабилитацию водоема за счет стимулирования его внутренней способности к самоочищению. В качестве механизма, используемого для биологической реабилитации, предлагается применить биопрепарат микрозим™ «ПОНД ТРИТ». Разработан график и оптимальные сроки внесения препарата в водоем. Показано, что биопрепарат «ПОНД ТРИТ» успешно используется в других регионах России для очистки закрытых и слабопроточных водоемов любых размеров и различной степени загрязнения. При обработке этим препаратом эффективно нейтрализуются экологические последствия загрязнения и эвтрофикации водоема.

**Ключевые слова:** озеро Култучное, антропогенная нагрузка, восстановление экологического состояния, биопрепарат микрозим «ПОНД ТРИТ», температурный режим.

**L.N. Saushkina, R.V. Longinova**

### **ABOUT THE POSSIBILITY TO RESTORE LAKE KULTUCHNOYE ECOLOGICAL STATE BY MEANS OF BIO-PREPARATION MICROSIM «POND TREAT»**

*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: liubanil@mail.ru*

The ways to rehabilitate the basin biologically by means of stimulation its inner ability to self-cleaning are described in this article. The bio-preparation microsim 'POND TREAT' is offered to be applied because of its widely and successfully being used for treating ponds and weak running lakes of any size and with different kinds of pollution in many regions of the Russian Federation. There is a schedule with specified periods for the preparation being introduced into the basin. If treated with the bio-preparation ecological consequences from pollution and basin eutrofication are counteracted with great effect.

**Key words:** Lake Kultuchnoye, anthropogenous stress, restoration of ecological state, bio preparation microsim 'POND TREAT', temperature regime.

Озеро Култучное, находящееся в центральной части города Петропавловска-Камчатского, в течение длительного времени подвергается антропогенному прессингу, что негативно сказывается на состоянии поверхности водоема и его прибрежной зоны. Неудовлетворительное экологическое состояние Култучного озера подтверждают исследования, проведенные в период 2006–2013 гг. сотрудниками КамчатГТУ и КамчатНИРО [1–5].

Плохая экология городских водоемов отрицательно влияет на здоровье населения и может способствовать возникновению неблагоприятной эпидемиологической обстановке, т. к. в загрязненных водоемах начинает развиваться патогенная микрофлора. Кроме этого, внешний вид загрязненного водоема, обилие бытового и промышленного мусора в береговой зоне и на поверхности воды нарушают эстетическую картину города [6].

В настоящее время Култучное озеро нуждается во всестороннем анализе его состояния с учетом изменения озера под влиянием антропогенных нагрузок. Принципы исследований должны сводиться к грамотной разработке различных рекомендаций и проектов, проведению ряда мероприятий по восстановлению экологии водоема [1]. И если сегодня не принять соответ-

ствующие меры по сохранению экосистемы озера Култучное, то возможно, что через 20–25 лет вместо него город будет иметь в самом центре неприглядное дистрофное болото [4].

Существует три основных метода восстановления экологического состояния водоемов: инженерный или механический, биологический и химический. Выбор метода восстановления озерной экосистемы должен быть основан на его экологической эффективности [6]. Попытка очистить озеро Култучное механическим путем была предпринята в 90-е годы прошлого столетия, когда в озеро были совершены санкционированные сбросы сточных вод, что привело к процессам способствующим «цветению» водоема, гниению органики и появлению неприятных запахов.

Проект очистки озера предусматривал выемку слоя антропогенных грунтов и использование их для расширения территории судоремонтного завода [7]. Этот проект вызвал у экспертов множество нареканий. Однако, несмотря на возражения специалистов, работа по нему была начата и после первой пробной закачки токсические вещества, содержащиеся в иловых отложениях, просочились через стенки дамбы и попали в Авачинскую губу, что привело к заилению субстрата, погребению бентоса и практически полному уничтожению sublittoralной растительности [8].

Работа по перекачке грунтов из озера была приостановлена. В самом озере срочно была сооружена временная дамба, отделившая небольшой участок от его основной части, куда временно разместили вынутые грунты. В настоящее время отсеченная часть озера превратилась в болото, поверхность которого зарастает ряской и камышом. Природные родники на дне озера очищались в 1996 г. и больше попыток очистить водоем предпринято не было. Однако озеро продолжает испытывать антропогенную нагрузку и основными источником его загрязнения на данном этапе является поверхностный сток с дорог и прилегающих территорий, особенно интенсивный в весенний период, несанкционированные сбросы через трубы, выведенные в акваторию озера, мусор с близлежащих территорий и вода, попадающая в озеро после мойки автомобилей жителями города.

В настоящее время существует программа реконструкции центральной части города, куда предложено включить мероприятия, направленные на улучшение экологического состояния озера Култучного и прилегающих территорий. К таким мероприятиям относятся: проект по строительству ливневой канализации с целью очистки и сбора талых вод, проект очистки акватории, дна и прибрежной защитной полосы и проект по благоустройству прибрежной территории. Предложенные мероприятия должны уменьшить антропогенную нагрузку на озеро, но не смогут восстановить его.

Для восстановления экологического состояния озера также необходимо: обеспечить соблюдение режима водоохранной зоны; систематически проводить работы по удалению из озера плавающего мусора; проанализировать химический состав воды и иловых отложений для обнаружения основных элементов химического загрязнения; подобрать эффективный и щадящий экосистему реабилитационный метод, способствующий восстановлению биологического баланса в водоеме.

Проанализировав работы, в которых рассматриваются вопросы гидрохимии, гидрологии и гидробиологии Култучного озера, мы предлагаем меры, направленные на биологическую реабилитацию водоема за счет стимулирования его внутренней способности к самоочищению. В качестве механизма, использующегося для биологической реабилитации, предлагаем биопрепарат микрозим «ПОНД ТРИТ», содержащий ферменты и мезофильные спорообразующие микроорганизмы как аэробные, так и факультативно анаэробные. Микроорганизмы, содержащиеся в биопрепарате «ПОНД ТРИТ» строго сапрофитные, основным источником энергии жизнедеятельности для них являются свободные органические вещества, содержащиеся в воде и в донных отложениях. Результаты биологического тестирования, выполненные в ГУ НИИ МТ РАМН, подтвердили принадлежность препарата к 5 классу веществ, т. е. препарат безопасен для человека, животных, растений, рыб, зоопланктона и микрофлоры [9].

Биопрепарат в виде сухого порошка рекомендуется вносить в водоем на расстоянии 0,5–1,0 м от берега в соответствии с приведенным графиком в несколько этапов. При первом использовании берется от 2 до 4 г вещества на каждый квадратный метр поверхности озера при глубине до 2,5 метров в зависимости от степени загрязнения, затем для профилактики необходимо вносить препарат каждые две недели, уменьшая его массу на 40–50% от взятого ранее количества. Внесение всей массы препарата за один раз или сокращение временного промежутка строго



запрещено, так как это может привести к резкому снижению количества растворенного кислорода, и как следствие этого, к гибели гидробионтов, обитающих в водоеме. Учитывая площадь Култучного озера и его глубину, предлагаем следующий график внесения препарата (табл.).

Таблица

График обработки озера Култучное биопрепаратом микрозим «ПОНД ТРИТ»

Период обработки	1-я неделя	3-я неделя	5-я неделя	7-я неделя	9-я неделя
Масса биопрепарата, г	4000	2400	1400	900	500

Активизация жизнедеятельности микроорганизмов, входящих в состав биопрепарата, начинается при достижении температура +5°C, оптимальная температура составляет +15 ...+20°C. Данный температурный режим устанавливается в водоеме к концу июня, поэтому обработку препаратом целесообразно начинать с первой недели июля и закончить в конце августа. В соответствии с графиком, общее количество препарата, необходимое на обработку поверхности озера в течение двух летних месяцев составит 9,2 кг.

Биопрепарат «ПОНД ТРИТ» высокоэффективен для очистки закрытых и слабопроточных водоемов любых размеров и различной степени загрязнения [9, 10]. При биологической очистке этим препаратом эффективно нейтрализуются экологические последствия загрязнения и эвтрофикации водоема, восстанавливается биологическое равновесие, вода и донные отложения очищаются от органических остатков, взвешенных веществ, азота, фосфора, восстанавливается кислородный режим, понижается уровень донных отложений, открываются заиленные родники, многократно интенсифицируется микробиологическое самоочищение воды от вредных микроорганизмов. При соблюдении санитарного режима водоема достигнутое очисткой состояние сохраняется сколь угодно долго.

В 2003–2005 гг. по заданию правительства Москвы биопрепаратом были обработаны пруды и каскады на территории г. Москвы. В заключении ГУП «Мосводосток» было отмечено, что на всех прудах увеличилась прозрачность воды, уменьшилась интенсивность несвойственных воде запахов, улучшился внешний вид водоема. Биотестирование показало отсутствие токсичности воды в прудах. В 2006 г. на территории г. Москвы биопрепаратом «ПОНД ТРИТ» успешно очищено более 100 гектаров водного зеркала закрытых и слабопроточных водоемов [10]. Применение биопрепарата «ПОНД ТРИТ» позволило за один летний сезон привести качество воды в водоемах в соответствие с требованиями СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод» по показателям биологического и химического потребления кислорода, взвешенных веществ, минерализации, растворенного кислорода, а так же уменьшить уровень донных иловых отложений без проведения механической очистки и применения химических веществ.

Но, несмотря на положительные отзывы из других регионов, решение о возможности применения данного метода для реабилитации озера Култучное должно быть принято только после проведения экологической экспертизы и положительном заключении органов и учреждений государственной санитарно-эпидемиологической службы Камчатского края.

### Литература

1. Кузякина Т.И., Хурина О.В. Участие микроорганизмов в превращениях соединений азота в антропогенном водоеме (оз. Култучное, Камчатка) // Успехи современного естествознания. – 2007. № 9. – С. 94–95.
2. Хурина О.В., Саушкина Л.Н., Кузякина Т.И. Оценка экологического состояния пресноводной гидросистемы в условиях антропогенной нагрузки // Вестник КамчатГТУ. – 2010. № 12. – С. 26–31.
3. Введенская Т.Л., Бонк Т.В., Макаренченко Е.А. Предварительные сведения о составе донных организмов в озере Култучном (Петропавловск-Камчатский) // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: Материалы XI междунар. науч. конф. (24-25 ноября 2010 г.). – Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2010. – С. 183
4. Саушкина Л.Н., Хурина О.В. Комплексная оценка состояния оз. Култучное по гидрохимическим показателям // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное



и техническое использование: Материалы IV Всерос. науч.-практ. конф. (18–22 марта 2013 г.). – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2013. – С. 201–203.

5. *Введенская Т.Л., Улатов А.В., Бонк Т.В.* Экологическое состояние озера Култучного (Восточная Камчатка) // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: Докл. XII–XIII междунар. конф., 2011–2012 гг. – Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. – 2013. – С. 72–91.

6. *Ахмедова Г.А., Расулов М.М.* Состояние малых озер в урбанизированных ландшафтах и их защита в условиях антропогенной нагрузки (на примере озер Ак-Гель и Большое Турали) // Юг России: экология и развитие. – 2009. – № 4. – С. 134–138.

7. *Березовская В.А., Клочкова Н.Г.* Авачинская губа – прошлое, настоящее и будущее // Материалы третьих междунар. исторических и Свято-Иннокентьевских чтений. – Петропавловск-Камчатский, 1998. – С. 144–145.

8. *Клочкова Н.Г., Березовская В.А.* Макрофитобентос Авачинской губы и его антропогенная деструкция. Владивосток: Дальнаука, 2001. – 208 с.

9. Биологическая очистка водоемов с «ПОНД ТРИТ» // Экологический вестник России. — 2006. № 12. – С. 54–56.

10. Чтобы озера были чистыми [Электронный ресурс]. – URL: [http://nashavlast.ru/article\\_description/117/1466.html](http://nashavlast.ru/article_description/117/1466.html).

УДК [502/504:55]:911.6(476)

**А.С. Соколов, Т.А. Сивакова**

*Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины,  
Гомель, 246019  
e-mail: alsokol@tut.by*

## **ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ БЕЛОРУССИИ**

В работе рассматривается оценка антропогенной трансформации природной среды административных районов Белоруссии. Проведена классификация районов по интегральному показателю нарушенности, полученному на основе расчётов коэффициентов абсолютной и относительной экологической напряжённости, естественной защищённости, геоэкологического коэффициента. Наибольшими величинами экологической нарушенности характеризуются районы, приуроченные к возвышенностям Белорусской гряды и западной части Полесья, наименьшими – районы в центрально-восточных частях Полесской и Поозёрской низменностей. Предложена схема геоэкологического районирования Белоруссии.

**Ключевые слова:** трансформация природной среды; экологическая оценка; структура землепользования; геоэкологическое районирование.

**A.S. Sokolov, T.A. Sivakova**

*F. Skorina Gomel State University,  
Gomel, 683003;  
e-mail: alsokol@tut.by*

## **GEOECOLOGICAL ZONING OF BYELORUSSIA**

The assessment of environment anthropogenous transformation of Belarus administrative regions is given. Areas have been classified according to the integrated disturbance index calculated from coefficients of absolute and relative ecological stress, natural protection, geoeological coefficient. Areas of Belarusian ridge high ground and the western Polesse show the greatest value of ecological disturbance, areas in central east parts of Polesse and Poozyorye lowlands show the smallest. The scheme of geoeological zoning of Byelorussia is offered.

**Key words:** environment transformation; ecological assessment; land use structure; geoeological zoning.

### **Введение**

Современное состояние природной среды, характеризующееся возрастанием интенсивности и разнообразия видов антропогенного воздействия на неё, требует разработки и совершенствования методов её комплексной оценки и охраны на всех иерархических уровнях её организации. Белоруссия, представляющая собой длительно осваиваемый регион с развитой промышленностью и сельским хозяйством, испытала многообразные преобразования своей природной среды, обусловившие формирования сложных природно-антропогенных комплексов, характеризующихся различной степенью трансформации природного компонента.

Целью настоящей работы является анализ территориальных особенностей трансформации природной среды Белоруссии и выделение регионов, отличающихся спецификой антропогенных воздействий и экологического состояния. Достижение цели исследования осуществлялось путём выполнения ряда последовательных задач:

– определить экологическое состояние административных районов Белоруссии путём расчёта ряда частных коэффициентов – абсолютной ( $K_A$ ), относительной ( $K_O$ ) напряжённости и естественной защищённости ( $K_{EZ}$ ) Б.И. Кочурова, геоэкологического коэффициента ( $K_G$ ) И.С. Аитова [1, 2];

– на основе рассчитанных коэффициентов определить интегральный показатель экологического состояния административных районов;

– провести геоэкологическое районирование территории Белоруссии, выделив группы административных районов, отличающихся сходным экологическим состоянием, внутренним единством и своеобразными индивидуальными особенностями трансформации среды.

### Методы исследования

В качестве операционных территориальных единиц, которые выступали непосредственным объектом оценки, были выбраны единицы административно-территориального деления – административные районы. Источником информации о структуре землепользования административных районов стал Государственный земельный кадастр [3], содержащий информацию по площади всех категорий земель по административным районам (площади лесов, лугов, сельскохозяйственных земель, пастбищ, пашни, застроенных, под дорогами и коммуникациями, осушаемых и орошаемых и т. д.). По его данным были определены набор видов землепользования территории районов и площади, занятые каждым из этих видов. Полученные данные легли в основу определения численного значения антропогенной преобразованности или экологического состояния районов. Для каждого района были рассчитаны упомянутые коэффициенты.

Для включения рассчитанных показателей в показатель интегральной оценки трансформации природной среды административных районов, они были нормированы, т. е. к каждому из них было применено такое преобразование, в результате которого все они стали измеряться в 10-балльной (безразмерной) шкале. Для этого использовался метод линейного масштабирования. Таким образом, возникает возможность сравнения этих показателей между собой, а также нахождения суммы всех показателей, которая и будет отражать экологическое состояние изучаемых территорий.

### Результаты исследования

Расчет интегрального показателя позволил провести классификацию административных районов по уровню нарушенности, определить площадь, занимаемую каждым классом и проживающее в его пределах количество населения. К районам с наиболее низким уровнем нарушенности (значение интегрального балла 0,1–7,4) относятся 7 административных районов, составляющих 7,1% площади страны с населением 1,4%. 34 района площадью 32,2 и населением 15,4% относятся к категории с низким уровнем нарушенности (7,4–11,6 балла).

К районам со средним уровнем нарушенности (11,6–15,7 балла) относятся 28 районов (площадь – 25,1%, население 20,5%), с высоким (15,7–22,7 балла) – 38 районов (площадь – 28,7% население – 54,3%). 11 районов относятся к районам с наиболее высоким уровнем нарушенности природной среды (значение интегрального балла 22,7–33,0). В сумме площадь этих районов составляет 6,6% площадь Белоруссии, а население – 8,4%.

Сопоставление картограммы нарушенности с ландшафтной и физико-географической картами показало, что районы с наиболее высокими значениями показателя сконцентрированы преимущественно в пределах Белорусской возвышенной провинции холмисто-моренно-эрозионных и вторичноморенных ландшафтов. В физико-географическом отношении здесь наиболее нарушенные районы расположены в пределах возвышенных форм рельефа – Минской, Волковысской, Новогрудской, Ошмянской возвышенностей, Копыльской гряды. Заметна достаточно чёткая приуроченность наиболее трансформированных районов востока страны к Восточно-Белорусской провинции вторичноморенных и лёссовых ландшафтов, а именно к той её части, которая также занята возвышенностями – Оршанской, Смоленско-Московской, Горецко-Мстиславской. Третья группа районов с повышенным значением интегрального показателя нарушенности расположена на крайнем юго-западе республики, в западной части Полесской ландшафтной провинции озёрно-аллювиальных, болотных и вторичных водно-ледниковых ландшафтов преимущественно в пределах Прибугской равнины и Загородья.

Крупнейшие регионы наименее нарушенных территорий сконцентрированы преимущественно в центральных частях Полесской и Поозёрской низменностей.

На основании анализа карты интегральной оценки трансформации природной среды, а также карт, отражающих распределение отдельных показателей антропогенной нагрузки и особенностей землепользования по административным районам, нами было проведено районирование территории республики по степени преобразованности природной среды.

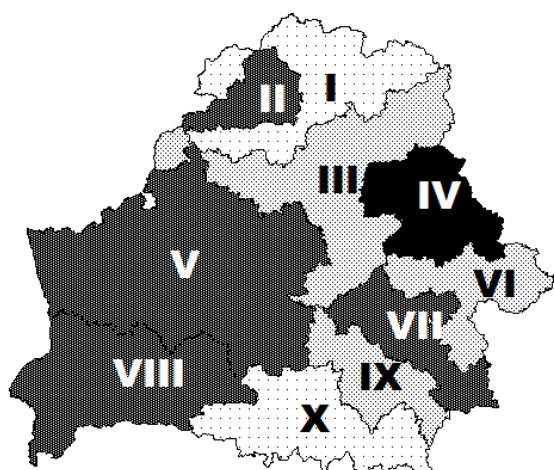
Всего было выделено 10 геоэкологических районов (рис.), которые отличались особенностями структуры землепользования и степенью антропогенной нарушенности территории.

Территории районов имеют различную площадь – от 3,3% до 25,0% территории Беларуси (табл. 1). Наиболее крупные районы – Центрально-Белорусский и Западно-Полесский – приурочены к западной части страны, преимущественно в пределах Брестской, Гродненской и восточной части Минской области, в ландшафтном отношении – к Белорусской возвышенной и западным частям Предполесской и Полесской ландшафтных провинций; в геоморфологическом – к Западно-Белорусской подобласти области Центрально-Белорусских краевых ледниковых возвышенностей и гряд, западной равнинной части области равнин и низин Предполесья и западной части области Белорусского Полесья.

Таблица 1

Соотношение площади и населённости геоэкологических районов

Геоэкологический район	Площадь, %	Население		Городское население		Сельское население		Отношение доли площади к доле населения
		%	чел./км <sup>2</sup>	%	чел./км <sup>2</sup>	%	чел./км <sup>2</sup>	
Витебско-Березинский	13,2	9,7	33,9	9,6	25,4	10,4	8,5	1,36
Восточно-Белорусский	6,9	8,3	55,1	8,7	44,1	7,0	11,0	0,83
Восточно-Полесский	10,1	3,8	17,5	3,0	10,4	6,6	7,1	2,66
Гомельско-Жлобинский	6,4	11,4	82,9	12,3	68,3	8,5	14,6	0,56
Дисненский	3,3	1,2	16,9	0,8	9,0	2,4	7,9	2,75
Западно-Полесский	13,2	11,5	40,3	10,2	27,4	15,6	12,9	1,14
Речицко-Светлогорский	5,4	3,1	26,6	2,8	18,6	3,9	7,9	1,74
Северный	10,6	4,4	19,3	4,0	13,2	6,0	6,1	2,41
Славгородско-Костюковичский	6,0	1,8	13,6	1,3	7,6	3,3	6,0	3,33
Центрально-Белорусский	25,0	44,7	82,2	47,2	66,4	36,3	15,8	0,56
<b>В целом по Белоруссии</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>45,7</b>	<b>100</b>	<b>34,9</b>	<b>100</b>	<b>10,8</b>	<b>1</b>



Уровень нарушенности  
 ■ Очень сильно нарушенный    ▨ Средне нарушенный  
 ■ Сильно нарушенный        ▩ Слабо нарушенный

Геоэкологическое районирование Белоруссии

Геоэкологические районы: I – Северный; II – Дисненский; III – Витебско-Березинский; IV – Восточно-Белорусский; V – Центрально-Белорусский; VI – Славгородско-Краснопольский; VII – Гомельско-Жлобинский; VIII – Западно-Полесский; IX – Речицко-Светлогорский; X – Восточно-Полесский

Для восточной части страны характерно чередование вытянутых в широтном направлении геоэкологических районов с севера на юг, что обусловлено схожей по характеру сменой в этой части страны единиц физико-географического и геоморфологического районирования.

По степени нарушенности природной среды геоэкологические районы были разделены на 4 группы: районы слабой (2 района), средней (3), сильной (4), очень сильной (1) степени нарушенности.

1. *Северный геоэкологический район* слабой степени нарушенности включает 10 административных районов. Приурочен к северной части Поозёрской ландшафтной провинции за исключением участка на западе. Характеризуется самым низким показателем доли сильно нарушенных земель и одним из самых высоких показателей доли ООПТ (табл. 2). Показатель распаханности составляет лишь 17% (при среднереспубликанском значении 26,8%), доля лесов – 49,5% (по республике 41,5%).

2. *Восточно-Полесский геоэкологический район* слабой степени нарушенности включает 8 административных районов. Приурочен преимущественно к водно-ледниковым и аллювиальным низинам восточной части области Полесской низменности. Доля площади района в общей площади республики примерно соответствует доли городского и сельского населения. Район

имеет самый низкий показатель распаханности и самые высокие показатели доли лесов и особо охраняемых природных территорий, следовательно, минимальным значением  $K_A$  и максимальным значением  $K_G$ .

Таблица 2

Структура землепользования и экологическое состояние районов

Геоэкологический район	Пашня, %	Луга, %	Леса, %	ООПТ, %	Сильно нарушенные, %	Осушенные, %	$K_A$	$K_O$	$K_{ез}$	$K_G$
Витебско-Березинский	24,2	12,5	48,1	3,4	4,0	13,4	0,84	0,53	0,62	1,6
Восточно-Белорусский	42,2	16,6	26,7	0,0	5,0	11,9	4,38	1,10	0,53	0,9
Восточно-Полесский	12,7	11,5	57,4	22,5	3,2	16,6	0,13	0,36	0,70	1,9
Гомельско-Жлобинский	32,6	16,4	34,9	1,3	5,4	14,3	1,22	0,88	0,55	1,2
Дисненский	29,9	18,9	29,0	5,7	3,3	22,8	0,47	0,69	0,57	1,0
Западно-Полесский	25,3	17,6	38,9	11,9	4,9	24,6	0,37	0,77	0,54	1,3
Речицко-Светлогорский	21,1	15,4	50,8	3,2	4,2	20,1	0,87	0,58	0,58	1,7
Северный	17,0	11,6	49,5	15,1	2,9	12,0	0,18	0,34	0,68	1,7
Славгородско-Костюковичский	23,2	15,2	46,6	0,2	3,2	11,4	0,96	0,52	0,64	1,6
Центрально-Белорусский	35,5	15,2	35,3	4,1	5,1	17,4	0,77	1,04	0,53	1,2
<b>В целом по Белоруссии</b>	<b>26,8</b>	<b>14,6</b>	<b>41,5</b>	<b>7,3</b>	<b>4,3</b>	<b>16,4</b>	<b>0,88</b>	<b>0,72</b>	<b>0,59</b>	<b>1,4</b>

3. *Витебско-Березинский геоэкологический район* средней степени нарушенности включает 14 административных районов. По своему расположению представляет собой буферную зону между двумя наиболее трансформированными районами – Центрально-Белорусским и Восточно-Белорусским, а также между ними и слабо нарушенным Северным районом. Показатель распаханности несколько ниже, а лесистости несколько выше по сравнению со среднереспубликанскими, доля осушенных земель сравнительно низка.

В целом для районов слабой степени нарушенности характерна значительная доля лесов (около 50%), существенно меньшая доля населения по сравнению с долей площади (в среднем в 2,5 раза), значения  $K_O$  от 0,34 до 0,36,  $K_G$  от 1,7 до 1,9, что соответствует удовлетворительному экологическому состоянию, максимальные значения доли ООПТ.

4. *Славгородско-Костюковичский геоэкологический район* средней степени нарушенности включает 9 административных районов. Расположен между двумя районами с сильной антропогенной преобразованностью – Гомельско-Жлобинским и Восточно-Белорусским. Характеризуется незначительной долей ООПТ, показатель абсолютной напряженности эколого-хозяйственного баланса близок к 1. Доля пашни и лесов аналогичны показателям Витебско-Березинского района. Доля населения существенно ниже, чем доля площади района от площади республики.

5. *Речицко-Светлогорский геоэкологический район* средней степени нарушенности включает 6 административных районов. Представляет собой переходную зону от слабо преобразованного Восточно-Полесского района к сильно преобразованному Гомельско-Жлобинскому. Выделяется высокой долей осушенных земель – более 20%, доля лесов достаточно высока, доля пашни на среднем уровне.

В целом для районов со средней степенью нарушенности характерна вытянутая конфигурация и буферное расположение между сильно нарушенными или сильно и слабо нарушенными районами. Доля пашни составляет 21–24%, лесов – 46–51%. Доля населения несколько ниже, чем доля площади. Значения  $K_O$  лежат в диапазоне от 0,52 до 0,58,  $K_G$  – от 1,6 до 1,7, что соответствует удовлетворительному экологическому состоянию.

6. *Центрально-Белорусский геоэкологический район* сильной степени нарушенности включает 33 административных района и занимает  $\frac{1}{4}$  часть всей территории Беларуси. Доля района по численности населения в 1,8 раза превышает его долю по площади, а по численности сельского населения – в 1,5 раза. По доле пашни от общей площади район находится на втором месте после Восточно-Белорусского, доля лесов на 6,2% меньше среднереспубликанской. Показатель  $K_O$  около 1, то есть достигнут предел доли территорий с высшей, очень высокой, высокой антропо-

генной нагрузкой, при которой напряженность эколого-хозяйственного состояния территории ещё остаётся сбалансированной по степени антропогенной нагрузки и потенциалу устойчивости природы.

7. *Гомельско-Жлобинский геоэкологический район* сильной степени нарушенности включает 8 административных районов. Расположен в пределах водно-ледниковых и моренно-водно-ледниковых равнин и низин. Характеризуется высокой долей пашни (3 место среди всех районов), низкой долей ООПТ, высоким значением  $K_A$ , превышающим 1. Доля осушенных земель сравнительно невелика.

8. *Дисненский геоэкологический район* сильной степени нарушенности включает 4 административных района на крайнем северо-западе. Со всех сторон окружён слабо нарушенным Северным геоэкологическим районом. Высокая степень нарушенности обусловлена большой долей осушенных земель – свыше 1/5 территории, доля лесов и пашни примерно одинакова – около 30%. Доля района в численности населения Беларуси несколько ниже, чем в площади.

9. *Западно-Полесский геоэкологический район* сильной степени нарушенности включает 14 административных районов. По природно-антропогенным особенностям схож с предыдущим: также приурочен к одной ландшафтной провинции со слабо нарушенным Восточно-Полесским районом и выделяется наиболее высокой степенью осушенности территории, что и определило значения коэффициентов, отражающих уровень нарушенности, которые близки к значениям для других районов с высоким уровнем трансформации природной среды. В то же время, доля ООПТ достаточно велика, доля лесов примерно соответствует общереспубликанской, доля пашни самая низкая из всех районов данной группы, а доля по численности населения ниже, чем по площади.

10. *Восточно-Белорусский геоэкологический район* очень сильной степени нарушенности включает 11 административных районов. Характеризуется наиболее сильной степенью трансформации природной среды. Особо охраняемые территории республиканского значения отсутствуют, коэффициенты  $K_A$  и  $K_0$  здесь приобретают самое высокое значение, а  $K_{эз}$  и  $K_r$  – самое низкое. Также для района характерна самая высокая доля распаханых земель (в 1,6 раза выше, чем по республике) и самая низкая доля лесов (в 1,6 раза ниже). Район приурочен к возвышенностям Восточно-Белорусской ландшафтной провинции вторичноморенных и лёссовых ландшафтов с наиболее благоприятными для сельскохозяйственного освоения территориями. Доля района в численности населения немного выше, чем в площади.

### Литература

1. *Кочуров Б. И.* Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории. – Смоленск: Изд-во СГУ, 1999. – 154 с.
2. *Аитов И.С.* Геоэкологический анализ для регионального планирования и системной экспертизы территории (на примере Нижневартковского региона): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Барнаул, 2006. – 18 с.
3. Государственный земельный кадастр Республики Беларусь (по состоянию на 1 января 2013 года) [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.gki.gov.by/upload/new%20structure/press%20service/GZK\\_2012.doc](http://www.gki.gov.by/upload/new%20structure/press%20service/GZK_2012.doc). – (Дата обращения: 28.01.2016).

УДК [551.464.791.7:504.5](262.81-17)

**В.В. Соколова**

*Астраханский государственный технический университет,  
Астрахань  
e-mail: class\_i@mail.ru*

## **ОЦЕНКА АССИМИЛЯЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА МОРСКОЙ ВОДЫ ПО ВЕЛИЧИНЕ БИОДЕГРАДАЦИИ НЕФТЯНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ**

В данной работе представлена оценка ассимиляционного потенциала морской воды северной части Каспийского моря, рассчитанная по величине бактериальной биодegradации нефтяных углеводородов. В результате проведенного исследования установлено, что в 1 м<sup>3</sup> морской воды может деструктироваться в среднем от 0,05 до 0,09 г углеводородов в сутки.

**Ключевые слова:** ассимиляционный потенциал, биодegradация, нефтяные углеводороды, Северный Каспий.

**V.V. Sokolova**

*Astrakhan State Technical University,  
Astrakhan  
e-mail: class\_i@mail.ru*

## **ASSESTMENT OF SEA WATER CARRYING CAPACITY IN SIZE OF OIL HYDROCARBON BIODEGRADATION**

The assessment of sea water carrying capacity of the northern Caspian Sea calculated in size of bacterial biodegradation of oil hydrocarbons is presented. As a result of the research it has been established that on average from 0,05 to 0,09 g hydrocarbons can be destroyed in 1 m<sup>3</sup> of sea water per day.

**Key words:** carrying capacity, biodegradation, oil hydrocarbons, Northern Caspian.

### **Введение**

Ассимиляционный потенциал экосистемы моря – это лимитированная способность нейтрализовать и обезвреживать в определенных пределах вредные выбросы, поступающие в морскую среду в результате хозяйственной деятельности [1]. Эта способность лежит в основе процесса самоочищения, который при современном антропогенном воздействии на морскую среду имеет важное значение. Нефть и нефтепродукты являются одним из крупномасштабных загрязнителей гидросферы, ежегодное попадание которых в окружающую среду оценивается в десятки миллионов тонн. Однако нефтяные углеводороды являются неотъемлемым природным компонентом морской среды и в процессе эволюции выработался довольно эффективный механизм их деструкции [2]. К настоящему времени отсутствуют достоверные данные, отражающие, в каких масштабах происходит микробное разрушение нефти в морской среде в северной части Каспийского моря. Ранее А.М. Бутаевым [3] установлено, что уровень скорости минерализации нефтяных углеводородов приповерхностного слоя территориальных вод Дагестана составляет около 35 мкг/л в сутки в летний период и около 10 мкг/л в сутки в зимний период [3]. Однако данных об ассимиляционном потенциале, рассчитанном по величине микробной дegradации нефтяных углеводородов в различных зонах Северного Каспия, нами обнаружено не было.

### **Материалы и методы исследования**

Для определения ассимиляционного потенциала воды Северного Каспия использовали: величину бактериальной дegradации нефтепродуктов («потоки самоочищения»), которую рассчи-

тывали по численности углеводородоксиляющих микроорганизмов морской воды, и потенциальную окислительную способность воды, которую определяли по изменению концентрации растворенного кислорода в морской воде при внесении в нее нефти.

С.Е. Zo Bell [4] было рассчитано, что в среднем одна бактериальная клетка способна окислить  $3,76 \cdot 10^{-8}$  (мг\*кл<sup>-1</sup>\*сут) углеводорода в сутки [5]. По данным численности углеводородоксиляющих клеток (N, кл/мл) и величине рассчитанной С.Е. ZoBell на одну клетку рассчитывали величину бактериальной биодеградации углеводородов (Б, г ув/м<sup>3</sup> в сутки).

Оценку ассимиляционного потенциала воды (величину бактериальной биодеградации нефтяных углеводородов или «поток самоочищения») определяли по формуле:

$$B = N * K,$$

где Б – величина бактериальной биодеградации нефтяных углеводородов (мг ув \* г-1 \* сут или гУВ/м<sup>3</sup> \* сут),

N – численность нефтеоксиляющих бактерий (кл. \* г-1),

K – количество углеводородов, окисленных одной бактериальной клеткой, рассчитанное Зо Беллом ( $3,76 \cdot 10^{-8}$  мг \* кл<sup>-1</sup> \* сут) [5].

При определении численности клеток использовали метод предельных разведений, а не прямого счета, в связи, с чем показатели отражают численность физиологически активных микроорганизмов, которые потенциально способны к активному окислению нефти и нефтепродуктов.

### Результаты и обсуждение

Максимальные значения бактериальной биодеградации нефтяных углеводородов наблюдаются в летний период в мелководной зоне в поверхностном горизонте и составляет 0,091 г ув/м<sup>3</sup> в сутки, в придонном – 0,092 г ув/м<sup>3</sup> в сутки, что возможно связано с интенсивным перемешиванием водных масс. Также отмечено, что высокий показатель биодеградации нефти характерен для поверхностного горизонта свала глубин, который составляет 0,085 г ув/м<sup>3</sup> в сутки. Для придонного горизонта свала глубин и всех исследуемых горизонтов приглубой зоны величина бактериальной деградации нефти ниже, чем на мелководье и составляет 0,077, 0,079 и 0,071 г ув/м<sup>3</sup> в сутки, соответственно (табл. 1).

Таблица 1

**Бактериальная деградация нефтепродуктов (Б, г ув/м<sup>3</sup> в сутки) в воде Северного Каспия по сезонам и зонам исследования**

Исследуемая зона Северного Каспия	Поверхностный горизонт		Придонный горизонт	
	N * 10 <sup>2</sup> (кл/г)	Б (г ув/м <sup>3</sup> в сутки)	N * 10 <sup>2</sup> (кл/г)	Б (г ув/м <sup>3</sup> в сутки)
Лето				
Мелководная зона	24,1 ± 1,2	0,091	24,5 ± 0,6	0,092
Свал глубин	22,7 ± 0,4	0,085	20,4 ± 1,4	0,077
Приглубая зона	21,1 ± 1,6	0,079	19,0 ± 0,8	0,071
Осень				
Мелководная зона	18,0 ± 0,6	0,068	16,8 ± 0,5	0,063
Свал глубин	17,5 ± 0,9	0,067	12,5 ± 0,1	0,047
Приглубая зона	16,5 ± 0,8	0,062	14,2 ± 0,3	0,053
Зима				
Мелководная зона	19,7 ± 0,9	0,074	16,7 ± 0,9	0,062
Свал глубин	18,2 ± 1,7	0,068	14,6 ± 0,7	0,054
Приглубая зона	15,5 ± 0,5	0,058	13,5 ± 0,7	0,051

Осенью отмечается снижение величины биодеградации во всех исследуемых зонах. Так значения данного показателя для мелководной зоны практически сопоставимо как в поверхностном, так и в придонном горизонтах и составляет 0,068 и 0,063 г ув/м<sup>3</sup> в сутки, соответственно. На свале глубин и в приглубой зоне отмечается различия между величинами бактериальной деградации нефтепродуктов в поверхностном и придонном горизонтах. В приглубой зоне в поверхностном горизонте величина биодеградации составляет 0,062 г ув/м<sup>3</sup> в сутки, в придонном горизонте – 0,053 г ув/м<sup>3</sup> в сутки. Для свала глубин отмечено резкое снижение величины биодеградации



нефтепродуктов в придонном горизонте по сравнению с поверхностным. Так, в поверхностном горизонте величина потоков самоочищения составляет  $0,067 \text{ г ув/м}^3$  в сутки, что близко по значению с величиной мелководной зоны, а в придонном горизонте свала глубин величина потоков биодegradации снижается до  $0,047 \text{ г ув/м}^3$  в сутки, что является самым низким показателем величины потоков самоочищения за весь наблюдаемый период.

В зимний период величина биодegradации углеводов превышает осенние показатели всех остальных зон. На мелководье в поверхностном горизонте значения потоков самоочищения соответствуют  $0,074 \text{ г ув/м}^3$  в сутки, а в придонном данный показатель снижается до  $0,062 \text{ г ув/м}^3$  в сутки. На свале глубин также отмечено, что в поверхностном горизонте величина биодegradации выше, чем в придонном –  $0,068$  и  $0,054 \text{ г ув/м}^3$  в сутки, соответственно. Для приглубой зоны отмечено, что величина потоков самоочищения практически равная и составляет  $0,058$  и  $0,051 \text{ г ув/м}^3$  в сутки.

Таким образом, в мелководной зоне отмечено, что снижение температуры воды приводит к уменьшению величины бактериальной дegradации углеводов с  $0,091$  до  $0,068 \text{ г ув/м}^3$  в сутки, однако дальнейшее снижение температуры воды в зимний период не приводит к дальнейшему снижению величины биодegradации, наоборот, наблюдается небольшое повышение показателя до  $0,074 \text{ г ув/м}^3$  в сутки.

Для свала глубин и приглубой зоны в осенний период также характерно снижение исследуемых показателей по сравнению с летними данными. Однако при дальнейшем снижении температуры воды в зимний период снижения величины бактериальной дegradации не наблюдается, показатели остаются на прежнем уровне. Такое распределение показателей биодegradации нефтепродуктов может быть объяснено наличием в морской воде психроактивной и психрофильной микрофлоры, для которой низкие температуры являются оптимальными для процессов окисления углеводов.

Следовательно, активнее всего процессы самоочищения исследуемого участка Северного Каспия от углеводов протекают в мелководной зоне в летний период при температуре  $30,3\text{--}25,4^\circ\text{C}$  по всей водной толще. При снижении температуры воды в осенний период ( $11,4\text{--}17,4^\circ\text{C}$ ) интенсивность процессов снижается с  $0,091\text{--}0,079$  до  $0,068\text{--}0,062 \text{ г ув/м}^3$  в сутки, а в зимний период при температуре воды  $9,8\text{--}13,9^\circ\text{C}$  несколько возрастает до  $0,074 \text{ г ув/м}^3$  в сутки. Однако отмечено, что интенсивность процессов бактериальной дegradации нефтепродуктов не снижается при дальнейшем понижении температуры в зимний период.

Бактериальная деструкция, рассчитанная по данным о численности микроорганизмов, снижается от лета к осени, а затем возрастает (либо остается на том же уровне) зимой. Кроме того, она также снижается о поверхности ко дну и в направлении от берега в море.

Таким образом, можно предположить, что в исследуемой акватории Каспийского моря  $1 \text{ м}^3$  морской воды может деструктироваться в среднем от  $0,05$  до  $0,09 \text{ г углеводов}$  в сутки. Для экстраполяции этого значения на весь Северный Каспий умножим эти цифры на его среднюю глубину, равную  $5$  метрам. В результате получим, что скорость микробной дegradации нефтяных углеводов на Северном Каспии в среднем равна  $0,25\text{--}0,45 \text{ г ув/м}^2$  в сутки при определенных условиях, таких как уровень загрязнения, активность микроценоза, температура.

## Литература

1. Гусев А.А. Соотношение рентных доходов и платежей в сфере использования биологических ресурсов и биоразнообразия / А.А. Гусев // Экономика природопользования: обзор информации. – 2002. – № 5. – С. 9–21.
2. Миронов О.Г. Бактериальная трансформация нефтяных углеводов в прибрежной зоне моря / О.Г. Миронов // Морской экологический журнал. – 2002. – № 1. – Т. I. – С. 56–66.
3. Бутаев А.М., Кабыш Н.Ф. О роли нефтеокисляющих микроорганизмов в процессах самоочищения прибрежных вод Дагестанского побережья Каспийского моря от нефтяного загрязнения / А.М. Бутаев, Н.Ф. Кабыш // Вестник Дагестанского научного центра РАН. – 2002. – № 11. – С. 56–69.
4. Zo Bell C.E. Microbial degradation of oil: present status, problems and perspectives / C.E. Zo Bell // Microbial Degradation of Oil Pollutants. Center for Wetland Resources. Louisiana State University. – 1973. – № 3 – P. 153–162.
5. Рубцова С.И. Оценка бактериального самоочищения вод от нефтяных углеводов в прибойной зоне акватории Севастополя (Черное море) / С.И. Рубцова // Экология моря. – 2003. – Вып. 64. – С. 95–98.

УДК 574.587(210.5)(268.46.04)

**А.П. Столяров**

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
биологический факультет,  
Москва, 119234  
e-mail: macrobenthos@mail.ru*

## **ПРОДУКЦИЯ И ПОТОКИ ЭНЕРГИИ В ЭКОСИСТЕМЕ ПЕСЧАНО-ИЛИСТОЙ ЛИТОРАЛИ ГУБЫ ГРЯЗНОЙ (КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ, БЕЛОЕ МОРЕ)**

Изучены и проанализированы продукционные показатели сообщества мейо- и макробентоса песчано-илистой литорали губы Грязной (Кандалакшский залив, Белое море), а также потоки энергии, возникающие между различными горизонтами литорали (за счет поступления избыточной энергии от энергетически богатых районов с высокой первичной продукцией к энергетически бедным). Рассматриваемое сообщество песчано-илистой литорали имеет выраженную поясную структуру. Разные участки литорали различаются не только структурой формирующихся сообществ, но и общей продуктивностью. Наибольшая первичная продукция свойственна зонам с преобладанием макрофитов: соленому маршу и поясу zostеры нижней литорали, наименьшая – зонам с доминированием беспозвоночных: литоральному песчаному пляжу (средняя литораль с примыкающими к ней частично верхней и нижней литоралью). Основной поток энергии в экосистеме песчано-илистой литорали направлен от соленого марша и пояса zostеры в сторону песчаной литорали, тогда как информационный поток (организмов, биогенов и др.), наоборот, от песчаной литорали – к соленому маршу и поясу zostеры.

**Ключевые слова:** мейо- и макробентос, продукция, потоки энергии, литораль, Белое море.

**A.P. Stolyarov**

*Moscow State University M. V. Lomonosov, Biological Faculty,  
Moscow, 119234  
e-mail: macrobenthos@mail.ru*

## **PRODUCTION AND ENERGY FLOWS IN ECOSYSTEM OF SANDY-MUDDY LITTORAL OF GUBA GRYAZNAYA (KANDALAKSHA BAY, WHITE SEA)**

Productional characteristics of meio - and macrobenthos community of Guba Gryaznaya (Kandalaksha Bay, White sea) sandy-silty littoral and energy flows occurring among different littoral horizons of the intertidal zone (due to the receipt of excess energy from the energy rich regions with high primary production to energy poor) have been researched and analyzed. The community of sandy-silty littoral has a pronounced waist (vertical) structure. The different areas of the littoral differ not only in the structure of the forming community, but also in the general productivity. The highest primary production is characteristic of areas with macrophyte predominance: salt marsh and Zostera belt of the lower littoral, the lowest – zone with invertebrate dominance: the intertidal sandy beach (the middle littoral with adjoining partly the upper and lower littoral). The main energy flow in the ecosystem of the sandy-silty intertidal zone is directed from the salt marsh and Zostera belt in the direction of sandy littoral, whereas the flow of information (organisms, nutrients, etc.), on the contrary, from the sandy littoral zone – to the salt marshes and Zostera belt.

**Key words:** meio- and macrobenthos, production, energy flows, littoral, White sea.

Осушная зона Белого моря или литораль подвержена постоянному воздействию ветровых и приливно-отливных волн. Это уникальная зона на границе раздела твердой, воздушной, морской и пресной сред. Сила приливов и соотношение длительности периодов погружения и обнажения дна в различных горизонтах литорали определяют основной (вертикальный) градиент абиотических условий (время осушения, соленость, характер грунта, количество в нем органического ве-

щества, рН и Eh среды, наличие макрофитов и солончаковых растений), влияющих на структуру формирующихся здесь сообществ бентосных организмов [2–5, 7, 11, 12]. Существование градиента факторов среды относительно мареографического уровня (вертикальный градиент) способствует формированию направленного изменения видовой структуры сообщества гетеротрофных организмов и продуцентов (макрофиты), от развития которых зависят энергообеспеченность и самостоятельность экосистемы. На литорали с развитым соленым маршем морские травы и водоросли являются основным источником органического вещества, причем большая часть образуемой ими продукции используется (после отмирания и образования детрита) детритофагами (макро- и мейобентосные организмы) [8, 14]. Существенную, но меньшую роль в образовании первичной продукции играет микрофитобентос (до 17–20% от общей первичной продукции [5, 13, 15], который утилизируется простейшими, инфузориями и мелкими животными (микро- и мейобентосом) в живом виде. Таким образом, пищевой поток на песчаной литорали в основном идет по детритной цепи – от мертвого органического вещества (в основном макрофиты) к микроорганизмам (и образованием детрита), а затем к детритофагам и хищникам [4, 5, 10].

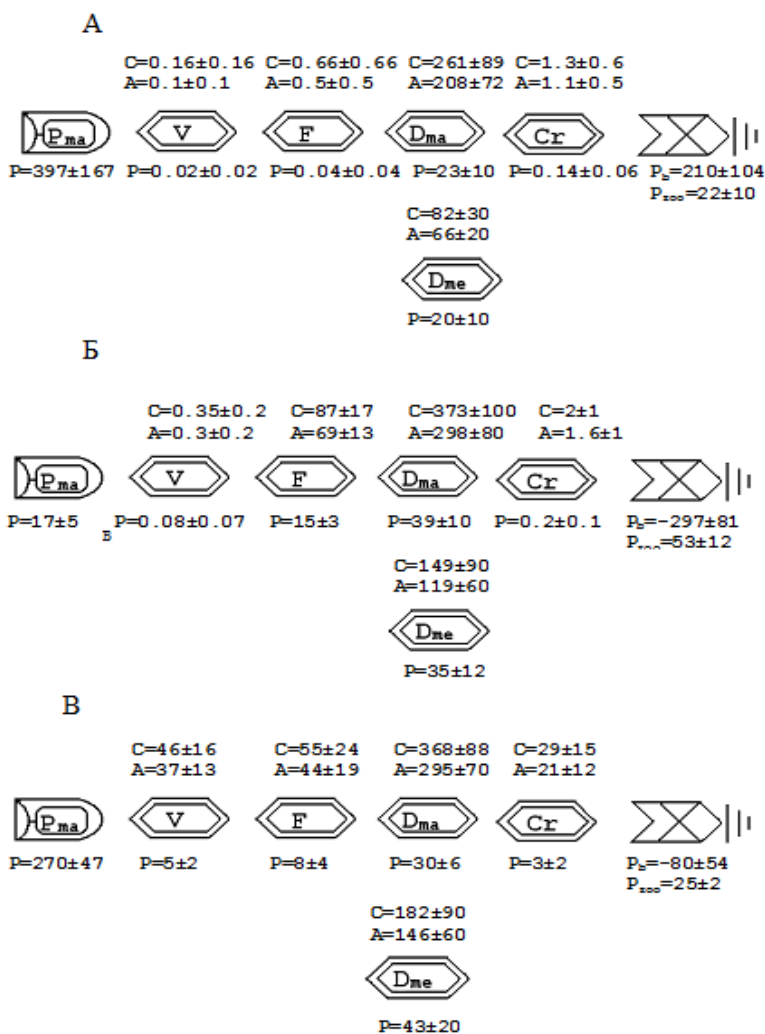
В задачу настоящего исследования входило рассмотрение структуры сообществ макро- и мейобентоса, а также основных потоков биоэнергии, возникающих между разными горизонтами песчано-илистой литорали Белого моря.

Исследования проводили в 1998, 1999, 2012 гг. Подробная характеристика района исследования дана в предшествующих работах [4–6]. Отметим только, что губа Грязная расположена в 300 м севернее основного фарватера эстуария реки Черной и занимает площадь около 11 га. Осушная полоса исследуемого участка в силу его пологости занимает значительную часть берега (до 500 м) и защищена от сильного ветра и течений. Это типичная беломорская илисто-песчаная литораль. Повышение содержания органического вещества в осадке от соленого марша к сублиторали отражает процесс постепенного заиления осадка в сторону моря и повышение в нем доли алевропелитов и пелитов. Общая соленость свободной воды сильно варьирует в зависимости от речного стока, снеготаяния, приливно-отливных и ветровых течений. Наиболее сильные колебания солености, а также длительность периодов распреснения отмечены в соленом марше и верхней литорали, наименьшие – в нижней. Минимальная соленость отмечена ранней весной во время снеготаяния (2‰) и поздней осенью во время сильных дождей (5–10‰). Среднелетние значения солености уменьшаются от нижней (20 ‰) литорали к верхней (15‰), проходя важный рубеж 16‰ на границе средней и верхней литорали.

Рассматриваемое сообщество илисто-песчаной литорали имеет выраженную поясную структуру. Показатели суммарной плотности и биомассы мейо- и макробентоса достигают максимальных значений в средней литорали (благодаря высокой биомассе *Mya arenaria*, *Macoma balthica* и *Arenicola marina*) и нижней (высокие плотности *Hydrobia ulvae*, *Chironomus salinarius* и *Tubificoides benedeni*), а самые низкие – в соленом марше и верхней литорали. Напротив, наибольшая биомасса и разнообразие растений отмечена в соленом марше (доминанты марша – *Juncus atrofuscus*, *Aster tripolium*, и *Puccinellia phryganodes*) и поясе zostеры (около нуля глубин) (*Zostera marina* с примесью *Cladofora fracta* и *Fucus vesiculosus*). Таким образом, основные продуценты и консументы разведены в пространстве по поясам прибрежной зоны.

Разные участки литорали существенно различаются не только структурой формирующихся здесь сообществ, но и общей продуктивностью. Наибольшая первичная продукция свойственна зонам с преобладанием макрофитов: соленому маршу ( $P_{\text{ма}} = 397 \pm 167$  ккал/м<sup>2</sup> в год) и поясу zostеры ( $270 \pm 47$  ккал/м<sup>2</sup> в год), наименьшая – зонам с доминированием беспозвоночных: литоральному песчаному пляжу ( $17 \pm 5$  ккал/м<sup>2</sup> в год) (средняя литораль с примыкающими к ней частично верхней и нижней литоралью) (рис.).

Продукция же макрозообентосных организмов была значительно выше в средней литорали ( $53 \pm 12$  ккал/м<sup>2</sup> в год) и ниже в соленом марше ( $22 \pm 10$  ккал/м<sup>2</sup> в год) и нижней литорали ( $25 \pm 2$ ), а продукция мейобентосных животных увеличивалась от верхней литорали ( $20 \pm 10$ ) в сторону средней ( $35 \pm 12$  ккал/м<sup>2</sup> в год) и нижней ( $43 \pm 20$ ). При этом баланс энергии в соленом марше был положительным, а в средней и нижней литорали отрицательным, т. е. в средней и нижней литорали траты на дыхание гетеротрофных организмов превосходили первичную продукцию растений.



Потоки биоэнергии в разных горизонтах литорали. А – соленый марш, Б – песчаный пляж, В – пояс зостеры.  $P_{ma}$  – макрофиты, V – фитофаги, F – фильтраторы,  $D_{ma}$  – макродетритофаги, Cr – хищники,  $D_{me}$  – мейодедетритофаги, P – продукция, A – ассимиляция, C – потребление,  $P_{zoo}$  – общая продукция макрозообентоса, определяемая как сумма продукции всего зообентоса минус ассимиляция хищников,  $P_b$  – продукция бентосного биоценоза равная разности между первичной продукцией растений (в нашем случае макрофитов) и общим дыханием гетеротрофных организмов (P-R) без учета мейобентоса

Еще одним важным показателем функционирования экосистемы (мерой экологического оборота энергии) служит интенсивность метаболизма (R/B) или степень энтропии [1, 16]. Показатель R/B представляет отношение затрат энергии на поддержание жизнедеятельности (дыхание) к энергии, заключенной в самой структуре (биомасса), т. е. меру термодинамической упорядоченности, соответствующей правилу: чем больше биомасса, тем больше затраты на ее поддержание [1].

Наиболее интенсивным метаболизмом отличаются сообщества соленого марша (R/B = 8,9 у макробентоса и 52 у мейобентоса) и нижней литорали (R/B = 8,5–7,6 у макрозообентоса и 58–59 у мейобентоса), являющиеся менее информативными по сравнению с рядом расположенной песчаной литоралью, но более продуктивными структурами прибрежной экосистемы. Постоянный отток энергии (избыточной продукции) к реципиентным структурам поддерживает относительно простое сообщество макрофитов (с одним или немногими (2–3) доминантами), создающими высокую первичную продукцию. Обратная зависимость между количеством информации и свободной энергии – одна из характерных черт сложно дифференцированных экосистем [6, 10].

Наименьшая интенсивность метаболизма и энтропия свойственна сообществу песчаного пляжа среднего горизонта литорали (R/B = 4,9–6,0 у макрозообентоса и 58–62 у мейобентоса), зависящего от притока энергии извне и характеризующегося наиболее информативной структурой.

Отношение первичной продукции макрофитов к дыханию гетеротрофных организмов (P/R) указывает на меру энергетической самообеспеченности системы и может служить хорошим показателем ее зависимости от поступления энергии извне. Расчеты показывают, что первичная продукция макрофитов соленого марша в 2,1 раза превышает дыхание (R) гетеротрофных организмов (показатель P/R = 1.7 с учетом мейобентоса), тогда как в поясе зостеры она покрывает около 77% общих затрат на дыхание макрозообентоса (с учетом мейобентоса – 60%) (P/R = 0,77, с учетом мейобентоса 0,60), а на песчаном пляже – только 5.4% затрат на дыхание (с учетом мейобентоса всего 4,3%). В последних случаях (особенно это касается песчаной литорали) полная компенсация энергии даже с учетом первичной продукции микрофитобентоса (45–100 ккал/ м<sup>2</sup> в год) на средней литорали [4] возможна только за счет притока энергии из соседних подсистем, которые могут рассматриваться по отношению к ним как донорские структуры, поставляющие избыток нереализованной внутри продукции. К таким системам относятся, в первую очередь, обширный соленый марш и рядом расположенная энергетически богатая экосистема эстуария р. Черной.

Надо отметить, что уровень энтропии макрозообентоса в среднем на порядок меньше, чем мейобентоса и имеет немного большие значения там, где он минимален у макрозообентоса. Более же высокие показатели интенсивности метаболизма у макрозообентоса, свойственные соленому маршу и поясу zostеры, объясняются увеличением плотности мелких форм (гидробии, олигохет и хириноид) в этих биотопах.

В прибрежной экосистеме песчано-илистой литорали основной поток энергии направлен от соленого марша и пояса zostеры в сторону песчаной литорали, тогда как информационный поток (организмов, биогенов и др.), наоборот, от песчаной литорали – к соленому маршу и поясу zostеры. Низкая гидродинамическая активность водных масс способствует образованию аккумулятивных форм рельефа (преобладанию мелкодисперсных фракций грунта) и поступлению детрита и органического вещества со значительной акватории Губы Грязной. Это создает условия, при которых основной поток энергии идет через детритную пищевую цепь (через его образование и последующее потребление детритофагами и хищниками).

### Литература

1. Алимов А.Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем. – СПб.: Наука, 2000. – 147 с.
2. Бергер В.Я. Продукционный потенциал Белого моря // Исследования фауны морей. Т. 60 (68). – СПб.: Изд-во ЗИН РАН, 2007. – Т. 60 (68). – 292 с.
3. Блинова Е.И., Возжинская В.Б. Основы биологической продуктивности океана и ее использование. – М.: Наука, 1971. – С.137.
4. Бурковский И.В. Структурно-функциональная организация и устойчивость морских донных сообществ. – М.: Изд-во МГУ, 1992. – 208 с.
5. Бурковский И.В. Морская биогеоценология. Организация сообществ и экосистем. – М.: Изд-во Тов-во науч. изданий КМК, 2006. – 285 с.
6. Бурковский И.В., Столяров А.П., Колобов М.Ю. Пространственная организация и функционирование морской (эстуарной) прибрежной экосистемы // Успехи соврем. биол. – 2002. – Т. 122, № 4. – С. 316–325.
7. Кусакин О.Г. Литоральные сообщества // Биология океана. – М.: Наука, 1977. – Т. 2. – С. 111–133.
8. Голиков А. Н., Сиренко Б.И., Гальцова В.В., Голиков А.А., Новиков О.К., Петряшев В.В., Потин В.В., Федяков В.В., Владимиров М.В. Экосистемы юго-восточной части Кандалакшского залива Белого моря в районе Сонострова // Исслед. фауны морей. – Л.: Изд-во ЗИН АН СССР. 1988. – Т.40 (48). – С.4–54.
9. Столяров А.П. Структурно-функциональная организация эстуарных экосистем Белого моря: прототипическая модель // Успехи соврем. биол. – 2012. – Т. 132, № 4. – С. 354–369.
10. Удалов А.А., Бурковский И.В. Роль мезобентоса в размерной структуре литоральной экосистемы // Океанология. – 2002. – Т. 42, № 4. – С. 527–536.
11. Junoy J., Vietez J.M. Macrozoobenthic community structure in the Ria de Foz, an intertidal estuary (Galicia, Northwest Spain) // Marine Biology – 1990. – Vol.107. – P. 329–339.
12. Montagna P.A., Palmer T.A., Pollack J.B. Hydrological Changes and Estuarine Dynamics. Springer Briefs in Environmental Science. – 2013. – Vol. 8. – 94 p.
13. Sabbe K. Short-term fluctuations in benthic diatom numbers on an intertidal sandflat in the Westerschelde estuary (Zeeland, the Netherlands) // Hydrobiologia. – 1993. – Vol. 269/270. – P. 275–284.
14. Small L.F., McIntire C.D., MacDonald K.B., Lara-Lara J.R., Frey B.E., Amspoker M.C., Winifield T. Primary production, plant and detrital biomass and particle transport in the Columbia river estuary // Progress in oceanography. – 1990. – Vol. 25. – P. 175.
15. Sullivan M., Moncreiff C. Edaphic algae are an important component of salt marsh food-webs: evidence from multiple stable isotope analysis // Marine ecology progress series. – 1990. – Vol. 32. – P. 149–159.
16. Schrodinger E. What is life? The physical aspects of the living cell. – Cambridge University Press, Cambridge, England, 1944 – 91 pp.

УДК 502.6(571.66-25)

**Н.А. Ступникова, Т.В. Салихова**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: NASTupnikova@mail.ru*

### **ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В Г. ПЕТРОПАВЛОВСКЕ-КАМЧАТСКОМ**

Рассматривается уровень загрязнения снежного покрова в г. Петропавловске-Камчатском по таким показателям, как: реакция среды, аммонийный азот, нитрат-, хлорид-, гидрокарбонат-, сульфат-ионы, за период с 2003 по 2013 гг. Установлено, что содержание всех определяемых загрязняющих веществ в пробах снега характеризуется большой межгодовой изменчивостью и не превышает предельно допустимых концентраций, что позволяет оценить экологическое состояние снежного покрова в краевом центре как незагрязненное.

**Ключевые слова:** снежный покров, загрязняющие вещества, источники загрязнения, реакция среды, сульфат-ионы, нитрат-ионы, ионы аммония, хлорид-ионы, гидрокарбонаты.

**N. A. Stupnikova, T.V Salikhova**

*Kamchatka state technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: NASTupnikova@mail.ru*

### **THE ECOLOGICAL STATE OF SNOW COVER IN PETROPAVLOVSK-KAMCHATSKY**

The level of pollution of snow cover in Petropavlovsk-Kamchatsky according to such indicators as medium reaction, ammonium nitrogen, nitrates - chloride - hydrocarbonate -, sulphate-ions, from 2003 to 2013 is considered. It is established that the content of all defined contaminants in snow tests is characterized by high interannual variation and doesn't exceed maximum concentration limit. It allows to estimate ecological state of snow cover in the regional center as uncontaminated.

**Key words:** snow cover, contaminants, pollution sources, medium reaction, sulphate-ions, nitrate-ions, ammonium ions, chloride ions, hydrocarbonates.

Снежный покров накапливает в своем составе практически все вещества, поступающие в атмосферу. В связи с этим он обладает рядом свойств, делающих его удобным индикатором загрязнения не только самих атмосферных осадков, но и атмосферного воздуха, а также последующего загрязнения почвы и воды. При образовании снежного покрова из-за процессов сухого и влажного выпадения примесей концентрация загрязняющих веществ в снеге оказывается на 2–3 порядка выше, чем в атмосферном воздухе. Поэтому измерения их содержания могут производиться более простыми методами с высокой степенью надёжности.

Зимой наблюдается повышение концентрации различных химических веществ в атмосфере, обусловленное ухудшением метеорологических условий рассеяния примесей, увеличением количества промышленных выбросов, замедлением химических процессов трансформации веществ при низкой температуре воздуха. По этим причинам в снежном покрове накапливается основная масса атмосферных поллютантов.

Таким образом, характеристика экологического состояния снежного покрова имеет важное значение, так как снежный покров является не только индикатором загрязнения атмосферы, но и поставщиком талых вод в почвы и поверхностные воды, влияющим на их химический состав.

Мониторинг загрязнения снежного покрова на территории Камчатского края выполняет Федеральное государственное бюджетное учреждение «Камчатское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды».

Пробы снега отбираются на 14 метеостанциях и охватывают площадь 459192 км<sup>2</sup>.

Сеть наблюдений за загрязнением снежного покрова функционирует на базе действующей в Росгидромете сети снегомерной съемки [1, 2]. Основной задачей сети наблюдений за загрязнением снежного покрова является отбор проб снега для последующего определения концентраций загрязняющих веществ.

Отбор проб производится один раз в год в период максимального накопления влагозапаса в снеге попутно с проведением измерений плотности снега и влагозапаса на снегомерном маршруте.

В Петропавловске-Камчатском отбор проб снега производится 31 марта морской гидрометеорологической станцией МГ-1 Петропавловск-Камчатский, входящей в наблюдательную сеть Федерального государственного бюджетного учреждения «Камчатское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды».

Снегомерный полевой маршрут (рис. 1) находится к северо-востоку от станции МГ-1 Петропавловск-Камчатский, на расстоянии 15 км.

Маршрут расположен к северу от Халактырского аэропорта, проходит по пашне, расположенной на склоне возвышенности. В связи с прохождением на первой половине маршрута линии газопровода, длина маршрута сокращена до 1 км. С 1-й по 3-ю точки измерения плотности снега маршрут проходит по пологому склону к югу. В 4-й и 5-й точках измерения плотности снега маршрут проходит ровной линией по пашне к северу. С южной стороны маршрута расположены автодорога, кладбище, аэропорт. К северо-западу от маршрута на расстоянии 2 км находится жилой массив «Кирпичики». Севернее маршрута проходят автодорога и линии электропередач. Растительность на маршруте – пашня, поросшая травой, с восточной стороны находится лес.

Для характеристики экологического состояния снежного покрова в г. Петропавловске-Камчатском использованы данные результатов мониторинга загрязнения и закисления снежного покрова за период с 2003 по 2013 гг.

Для загрязняющих веществ, присутствующих в снежном покрове, в настоящее время предельно допустимые концентрации не установлены, поэтому для оценки состояния загрязнения снежного покрова использовались предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования согласно ГН 2.1.5.1315-03 от 15 июня 2003 г. [3].

Величина pH воды – один из важнейших показателей качества вод. Величина концентрации ионов водорода имеет большое значение для химических и биологических процессов, происходящих в природных водах. Величина pH воды влияет на процессы превращения различных форм биогенных элементов, изменяет токсичность загрязняющих веществ. Величина pH снега обусловлена попаданием из атмосферы не только твёрдых частиц, но и газообразных загрязняющих веществ. Этот показатель очень важен, т.к. может сильно повлиять на реакцию среды почвы после таяния снега. Чистый снег, как и чистая дождевая вода, имеет pH = 5,6, что связано с наличием в воздухе CO<sub>2</sub>, образующим угольную кислоту, подкисляющую атмосферные осадки.

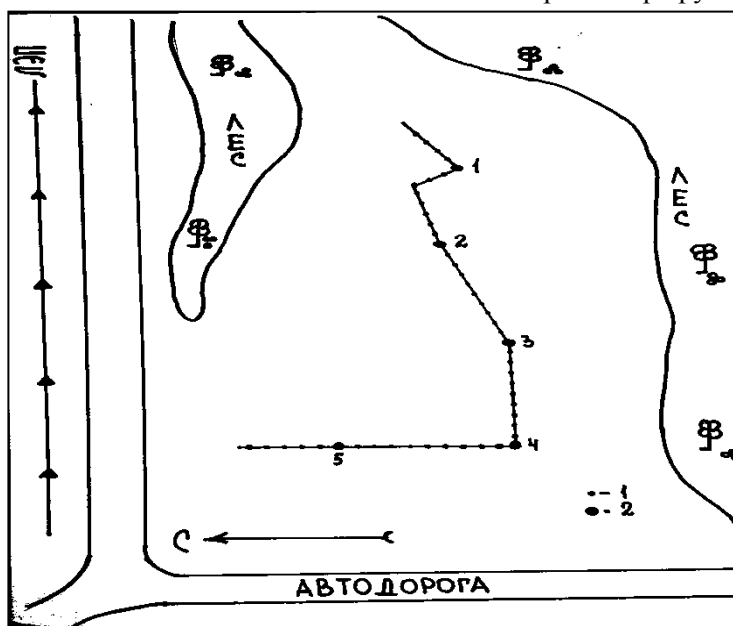


Рис.1. Схема расположения промерных точек на снегомерном маршруте: 1 – точки измерения высоты снежного покрова; 2 – точки измерения плотности снега и отбора проб

Значения pH талого снега в Петропавловске-Камчатском за период с 2003 по 2013 гг. варьируются в узком диапазоне от 5,56 до 6,14 (рис. 2), что соответствует реакции близкой к слабокислой.

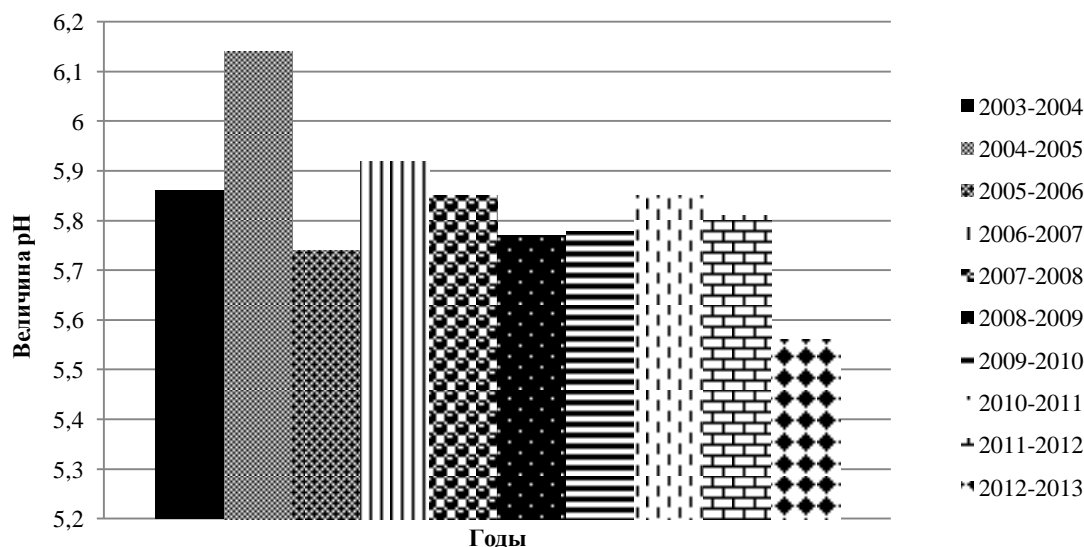


Рис. 2. Величина pH снежного покрова за период 2003–2013 гг.

Сульфат-ионы накапливаются в снеге за счёт осаждения аэрозолей диоксида серы из воздуха вместе с пылью под действием сил гравитации, а так же в результате выветривания почв, с частицами морской соли, с выхлопами газов автомобилей. После таяния снега сульфаты мигрируют в почву и водоисточники. Концентрация сульфат-ионов ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) в пробах снега варьирует в пределах 0,01–2,07 мг/дм<sup>3</sup> (рис. 3), что характерно для слабого уровня загрязнения, обусловленного рассеиванием соединений серы на больших площадях в результате дальнего переноса от антропогенных и естественных источников. Таким образом, можно говорить об общей невысокой загрязнённости городского воздуха диоксидом серы.

Концентрация нитрат-ионов ( $\text{NO}_3^-$ ) в пробах снежных вод колеблется в незначительных пределах от 0,02 до 0,66 мг/дм<sup>3</sup> (рис. 3), что свидетельствует об однородности загрязнения территории города нитрат-ионами за десятилетний период. Содержание  $\text{NO}_3^-$  в пробах снега объясняется интенсивностью отопительного сезона и, как следствие, относительно большими выбросами азота в атмосферу на местном уровне.

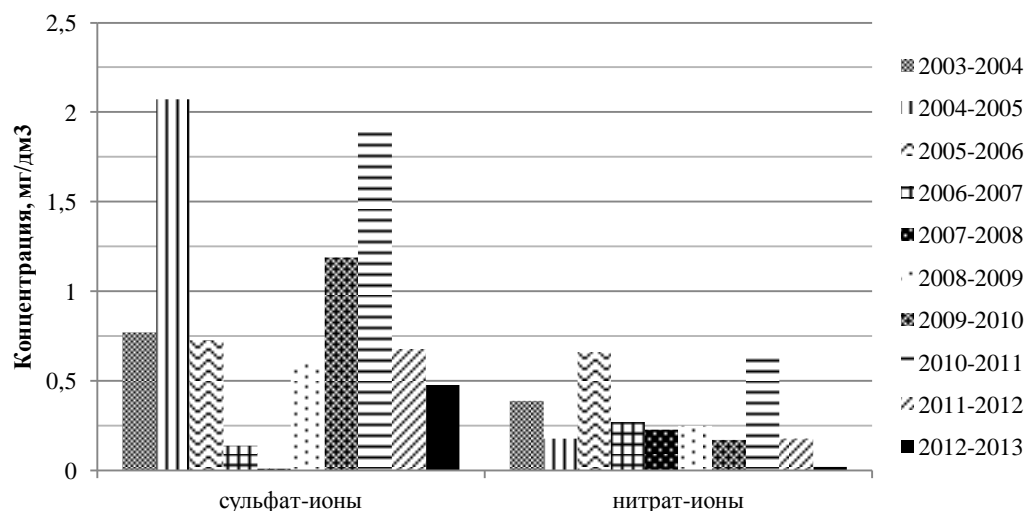


Рис. 3. Концентрации сульфат-ионов (ПДК 500 мг/дм<sup>3</sup>) и нитрат-ионов (ПДК 45 мг/дм<sup>3</sup>) в пробах снега в г. Петропавловске-Камчатском за период с 2003 по 2013 гг.



Концентрация ионов аммония в снеговых водах колеблется в пределах 0,01–0,37 (рис. 4), что соответствует норме.

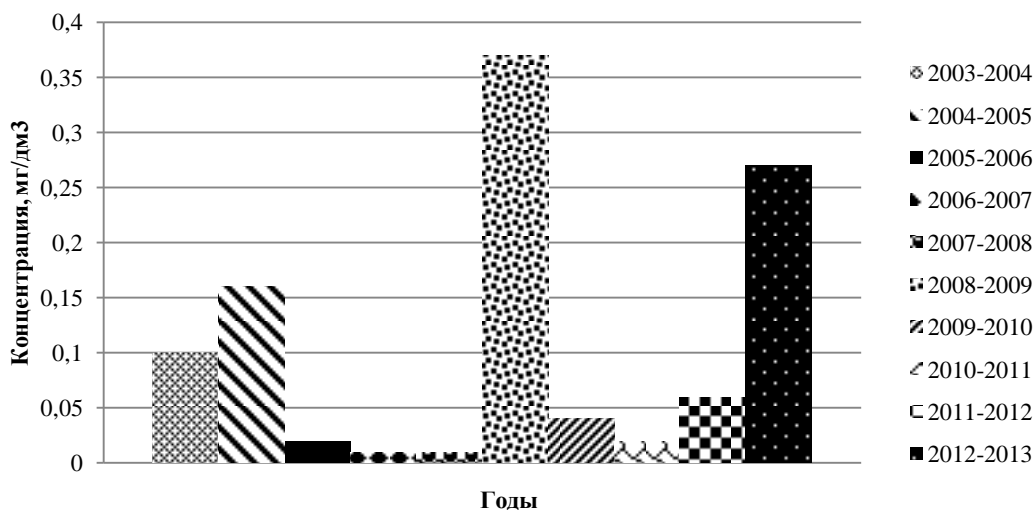


Рис. 4. Концентрация ионов аммония в пробах снега в г. Петропавловске-Камчатском (ПДК 0,5 мг/дм<sup>3</sup>) за период с 2003 по 2013 гг.

Наличие азотсодержащих соединений в воде определяется деятельностью бактерий, но в зимний период в снежном покрове их присутствие невозможно, поэтому содержание нитрат-ионов и ионов аммония в талой воде обусловлено только урбанизационными воздействиями. Их источниками являются продукты неполного сгорания автомобильного топлива, промышленные газы и продукты окисления атмосферного азота [4].

Природное соотношение между отдельными элементами в снежном покрове разных районов различно: преобладающим ингредиентом в снежном покрове приморских районов является хлорид-ион, для материковой части – гидрокарбонатный ион. Антропогенное загрязнение может значительно увеличивать обогащение снега отдельными элементами. Ионы хлора в незагрязненных атмосферных осадках в основном морского генезиса [4]. Антропогенное поступление хлорид-иона в снег обусловлено применением хлорида натрия для очистки автострад от снега и льда.

Концентрация хлоридов (Cl<sup>-</sup>) в пробах снега изменяется в широком диапазоне – от 1,25 до 5,59 мг/дм<sup>3</sup> (рис. 5).

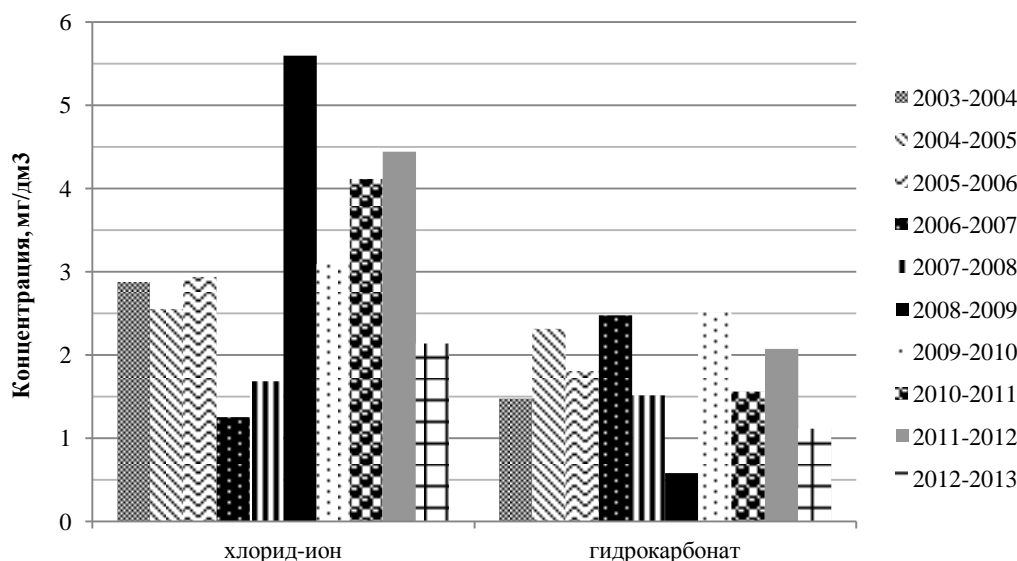


Рис. 5. Концентрации хлорид-ионов (ПДК 350 мг/дм<sup>3</sup>) и гидрокарбонатов в пробах снега в г. Петропавловске-Камчатском за период с 2003 по 2013 гг.

В Петропавловске-Камчатском в пробах снега преобладают примеси хлорид-ионов, что объясняется близостью Тихого океана.

Концентрация гидрокарбонатов ( $\text{HCO}_3^-$ ) в талой воде варьирует в узких пределах, от  $0,58 \text{ мг/дм}^3$  до  $2,51 \text{ мг/дм}^3$  (рис. 5), что характерно для слабого уровня загрязнения. Количество гидрокарбонатов в снежном покрове определяется концентрацией  $\text{CO}_2$  в атмосфере.

Таким образом, формирование ионного состава снежного покрова в г. Петропавловске-Камчатском происходит под влиянием естественных и антропогенных факторов. Концентрации всех определяемых загрязняющих веществ в пробах снега не превышают предельно допустимых концентраций. Содержание всех примесей в снежном покрове города характеризуется большой межгодовой изменчивостью, что может быть обусловлено непостоянством поступления данных веществ за счет воздействия дальнего переноса.

### **Литература**

1. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Метеорологические наблюдения на станциях. – Ч. 1. Вып. 3. – Л.: Гидрометеоиздат, 1985. – 299 с.
2. *Василенко В.Н., Назаров И.М., Фридман Ш.Д.* Мониторинг загрязнения снежного покрова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1985. – 182 с.
3. ГН 2.1.5. 1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Гигиенические нормативы. – М: СТК АЯК, 2004. – 214 с.
4. *Никаноров А.М.* Гидрохимия. – СПб: Гидрометеоиздат, 2001. – 444 с.

УДК 911.52(476)

**А.Ю. Федоренко, А.С. Соколов**

*Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины,  
Гомель, 246019  
e-mail: alsokol@tut.by*

## **ОЦЕНКА ЛАНДШАФТНОГО РАЗНООБРАЗИЯ БЕЛОРУССИИ**

Выполнена оценка ландшафтного разнообразия Беларуси с использованием способа «скользящего кружка» и расчёта индекса разнообразия Шеннона и плотности ландшафтных экотон. Результаты представлены в виде карты изолиний значений этих показателей. Выделены ареалы повышенного и пониженного значения ландшафтного разнообразия.

**Ключевые слова:** ландшафты, ландшафтное разнообразие, индекс Шеннона, ландшафтные экотоны.

**A.Y. Fedorenko, A.S. Sokolov**

*F. Skorina Gomel State University,  
Gomel, 683003  
e-mail: alsokol@tut.by*

## **LANDSCAPE DIVERSITY EVALUATION IN BYELORUSSIA**

The assessment of landscape diversity of Belarus using the «moving circle» method and the calculation of Shannon diversity index and landscape ecotone density is given. The results are provided in isoline map of these indexes. Areas of high and low values of landscape diversity are identified.

**Key words:** landscapes, landscape diversity, Shannon index, landscape ecotones.

Целью настоящей работы является оценка ландшафтного разнообразия территории Беларуси, выявление ареалов его повышенного и пониженного значения и выделение регионов, отличающихся спецификой антропогенных воздействий и экологического состояния.

Методологической основой исследования является концепция географического поля, предложенная В.А. Червяковым [1] и представляющая собой систему представлений о реальных и абстрактных полях и поверхностях, способах их картографического изображения и географической интерпретации. Понятие поля здесь не физическое, а абстрактно-математическое и предполагает наличие пространства, в каждой точке которого определено числовое значение некоторой величины [2]. При этом поле рассматривается как функция положения точки в пространстве и времени. В таком виде объём понятия «поле» охватывает уже не только природные, но и социально-экономические явления. Картографическим представлением таких полей могут быть карты изолиний или псевдоизолиний.

Для количественной оценки ландшафтного разнообразия широко применяется индекс разнообразия Шеннона [3, 4]:

$$H = -\sum_{i=1}^n \frac{S_i}{S} \cdot \log_2 \frac{S_i}{S},$$

где  $S_i$  – площадь  $i$ -го вида ландшафта,  $S$  – общая площадь территории,  $n$  – количество видов ландшафтов на данной территории.

Ландшафтное разнообразие является таким показателем, который может быть объективно определён только для какой-либо территории и, следовательно, носит дискретный характер. В то же время для изолинейного представления ландшафтного разнообразия территории в виде

непрерывного поля (являющегося оптимальным в силу отсутствия наперёд заданных границ разной степени условности), необходимо определение его значения в точках, равномерно размещённых по всей оцениваемой территории. Для этого нами был использован способ «скользящего кружка» [2]. Территория Беларуси была покрыта сетью точек (всего 119) на расстоянии 0,5° друг от друга, вокруг каждой точки была описана окружность диаметром 70 км. Для каждой



Рис. 1. Карта-схема ландшафтного разнообразия территории Беларуси

окружности рассчитывался индекс Шеннона по тем видам ландшафтов, которые попали в её пределы. Источником информации о ландшафтной структуре территории являлась ландшафтная карта Беларуси [5]. Полученные значения присваивались точкам в центрах окружностей. По этим данным была построена карта изолиний значений ландшафтного разнообразия на территории Беларуси (рис. 1).

Минимальное значение ландшафтного разнообразия, рассчитанное для точки, составило 1,24, максимальное 3,66. Среднее значение равно 2,90, медиана 2,97. Соотношение территорий с различным значением данного показателя показано в таблице.

Таблица

Доля территорий с различными значениями ландшафтного разнообразия от общей площади территории Беларуси

Значение	Доля, %	Значение	Доля, %	Значение	Доля, %
менее 1,5	1,7	2,0–2,5	25,3	3,0–3,5	29,9
1,5–2,0	16,7	2,5–3,0	24,4	более 3,5	1,9

Наиболее высокие значения ландшафтного разнообразия характерны для северной Беларуси (Поозёрская ландшафтная провинция), а также для возвышенных участков Белорусской возвышенной ландшафтной провинции, приуроченных к районам распространения холмисто-моренно-эрозионных ландшафтов. На этих территориях находится почти все ареалы, в пределах которых значение ландшафтного разнообразия превышает 3,5, а в целом значение разнообразия больше 3 наблюдается почти повсеместно. Выше среднего разнообразие и на юге Предполесской провинции.

В центральной части страны наблюдается ареал относительно низкого разнообразия (меньше 3). Он расположен преимущественно в пределах Центрально-Березинской равнины и огибает Минскую возвышенность с востока. На юге изолиния со значением 3 достаточно близко повторяет изогипсу 150 метров, отделяя Полесскую и Приднепровскую низменности, которые отличаются пониженным значением ландшафтного разнообразия практически на всей территории (наиболее низкие значения, менее 2,5, характерны для Припятского, Мозырского и южной части Гомельского Полесья).

Важной информацией о ландшафтном разнообразии является также характер распределения ландшафтных границ (экотонов) в пространстве.

Именно ландшафтные экотоны оказываются благоприятными для резкого увеличения видового и ценотического разнообразия биоты – «краевой (опушечный) эффект». Таким образом, ландшафтные экотоны являются своеобразными «густками жизни» и напрямую влияют на увеличение биоразнообразия территорий. Это обуславливает необходимость их активного изучения.

Экотонные ландшафты освоены обычно лучше, так как благоприятны для поселения, активного труда и отдыха человека. Поэтому при проектировании зоны контакта природных геосистем, особенно контрастных, оцениваются как наиболее ценные для строительства рекреационных объектов (домов отдыха, туристических баз), организации охотничьих угодий.

Нами была создана карта плотности ландшафтных экотонов с помощью того же метода скользящего кружка (рис. 2).

Региональные особенности ландшафтного разнообразия необходимо учитывать при анализе хозяйственного использования территорий, выделении и систематизации особо охраняемых территорий. Например, территория с высоким ландшафтным разнообразием более пригодна для рекреационного освоения, чем с низким. На них следует ожидать большого разнообразия видов и форм использования ландшафтов, тогда как на территории с малым разнообразием преобладает одно или несколько близких по характеру форм природопользования. Ареалы с высоким ландшафтным разнообразием являются ключевыми звеньями сохранения разнообразия биологического, поэтому они должны в первую очередь являться объектами охраны и заповедания.



Рис. 2. Пространственное распределение плотности ландшафтных границ

### Литература

1. Червяков В.А. Концепция поля в современной картографии / В. А. Червяков. – Новосибирск: Наука, 1978. – 149 с.
2. Червяков В.А. Количественные методы в географии / В. А. Червяков. – Барнаул: Изд-во Алт. гос. ун-та, 1998. – 259 с.
3. Пурдик Л.Н. Факторы и картографический анализ ландшафтного разнообразия территории Алтайского края / Л. Н. Пурдик, В. А. Червяков, А. А. Шибких // География и природные ресурсы. – 2008. – № 1. – С. 156–161.
4. Викторов А. С. Рисунок ландшафта: анализ геометрических свойств ландшафта и его практическое применение / А.С. Викторов. – Изд. 2-е. – М.: ЛЕНАНД, 2014. – 184 с.
5. Ландшафтная карта Белорусской ССР / Под ред. А.Г. Исаченко. – М.: ГУТК, 1984.

УДК 911.52(476-12)

**А.В. Харьков**

*Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины,  
Гомель, 246019  
e-mail: alsokol@tut.by*

## **ОСОБЕННОСТИ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЛАНДШАФТОВ ЮГО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ**

На примере юго-востока Беларуси показаны особенности антропогенной трансформации ландшафтов, относящихся к различным видам и родам. Установлено, что вторично моренные и моренно-зандровых ландшафты являются наиболее нарушенными. Особенно глубокую трансформацию претерпели геосистемы с покровом лёссовидных суглинков.

**Ключевые слова:** ландшафты, антропогенная нарушенность, экологические коэффициенты.

**A.V. Kharkova**

*F. Skorina Gomel State University,  
Gomel, 683003  
e-mail: alsokol@tut.by*

## **FEATURES OF ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION OF SOUTHEAST BELARUS LANDSCAPES**

The features of anthropogenous landscape transformation relating to different species and genera by the example of southeast Belarus are shown. It is established that secondary moraine and moraine-outwash landscapes are most disturbed. Loess-like loam geosystems have undergone especially deep transformation.

**Key words:** landscapes, anthropogenic transformation, ecological coefficients.

Ландшафтная структура любой территории является результатом её длительного исторического и пространственного развития, в процессе которого природные компоненты различного генезиса, сочетаясь между собой, образовывали природно-территориальные комплексы (ПТК), связанные между собой в иерархическую структуру. Каждый ПТК обладает, таким образом, индивидуальными характеристиками, обусловленными характеристиками его компонентов и элементов, которые определяют возможности хозяйственного использования, продуктивность, устойчивость и другие эмерджентные свойства. Это влечёт за собой то, что особенности антропогенного воздействия и антропогенной трансформации природной среды также в значительной степени обусловлены природными свойствами конкретных ПТК, являющихся объектом такого воздействия. Следовательно, пространственный анализ экологических ситуаций, нагрузки на природную среду, её нарушенности и других геоэкологических характеристик должен осуществляться по естественным территориальным подразделениям – геосистемам любого ранга. Таким образом, универсальным для территориального эколого-географического анализа является геосистемный, или ландшафтно-географический, подход, состоящий в опоре на ландшафтную структуру территории. Этот подход обеспечивает привязку экологических проблем к конкретным, объективно существующим территориальным подразделениям среды обитания человека и сопоставимость результатов проводимых исследований [1].

Классификация ландшафтов, отражающая ландшафтную иерархию территорий, может служить основой выделения операционных единиц геоэкологического анализа на разных иерархических уровнях организации природной среды.

Целью настоящей работы является оценка антропогенной трансформации природной среды на основе ландшафтно-географического подхода. Объектом исследования явилась территория на крайнем юго-востоке Беларуси – модельный полигон «Юго-Восток», на примере которого изучались особенности антропогенной трансформации ландшафтов различных родов и видов. Территория полигона включает 14 районов восточной части Гомельской области общей площадью 25,3 тыс. км<sup>2</sup> (12,2% общей площади Беларуси). Ландшафтная структура рассматриваемой территории включает 57 ландшафтных контуров уровня вида ландшафта (ландшафтный контур – это участок земной поверхности, соответствующий одному ПТК определённого ранга [2]), относящихся к 8 родам и 29 видам ландшафта (соответственно 53 и 28% от общего числа родов и видов ландшафтов Беларуси [3]).

Северная часть полигона занята ландшафтами Предполесской ландшафтной провинции вторичных водно-ледниковых и моренно-зандровых ландшафтов, южная часть – Полесской провинции озёрно-аллювиальных, болотных и вторичных водно-ледниковых ландшафтов. Наиболее распространённым родом является род аллювиально-террасированных ландшафтов (30% общей площади полигона, представлен 4 видами и 17 ландшафтными контурами). Моренно-зандровые ландшафты составляют 20% и представлены 11 контурами и 4 видами, вторичные водно-ледниковые – 18 %, 10 контурами, 6 видами.

Оценка антропогенной трансформации геосистем проводилась с помощью топографических карт, отражающих соотношение земель различного хозяйственного использования и материалов дистанционного зондирования Земли. Для количественной характеристики состояния геосистем использовались индексы, из всего многообразия которых были выбраны следующие:

– коэффициент относительной напряжённости эколого-хозяйственного баланса территории Б.И. Кочурова [4]:

$$K_o = \frac{AH_4 + AH_5 + AH_6}{AH_1 + AH_2 + AH_3}, \quad (1)$$

где  $AH_1$  – земли с очень низкой антропогенной нагрузкой (природоохранных и неиспользуемых, то есть экологический фонд),  $AH_2$  – земли с низкой нагрузкой (сенокосы, леса, используемые ограниченно),  $AH_3$  – земли со средней нагрузкой (многолетние насаждения, рекреационные земли),  $AH_4$  – земли с высокой нагрузкой (пахотные земли; ареалы интенсивных рубок; пастбища и сенокосы),  $AH_5$  – земли с очень высокой нагрузкой (орошаемые и осушаемые земли),  $AH_6$  – земли с высшей нагрузкой (земли промышленности, транспорта, городов, поселков, инфраструктуры)

– коэффициент естественной защищённости территорий Б.И. Кочурова [4]:

$$K_{es} = \frac{AH_1 + 0,8AH_2 + 0,6AH_3 + 0,4AH_4}{S} \quad (2)$$

где  $S$  – общая площадь территории.

– индекс антропогенной трансформации П.Г. Шищенко [5]:

$$K_{an} = \sum_{i=1}^n \frac{r_i \cdot P_i \cdot q_i}{100}, \quad (3)$$

где  $r_i$  – ранг антропогенной преобразованности ландшафта  $i$ -го вида природопользования;  $p_i$  – площадь территории с данным рангом преобразованности (% от всей территории);  $q_i$  – индекс глубины преобразованности ландшафта. Исходя из значений Кап выделяют 5 степеней изменности ландшафтов: очень слабоизмененные ( $K_{an} = 2,00-3,80$ ); слабоизмененные (3,81–5,30); среднеизмененные (5,31–6,50); сильноизмененные (6,51–7,50); очень сильноизмененные (более 7,51);

– геоэкологический коэффициент [6] И.С. Аитова:

$$K_e = \frac{C_p}{C_o}, \quad (4)$$

где  $C_p$  – % площади ненарушенных (коренных) геосистем на той или иной территории, в ландшафтном районе, ландшафте;  $C_o$  – % предельно допустимой площади ненарушенных (коренных)

геосистем. На основе имеющихся экспертных оценок предельно допустимая площадь естественных геосистем ( $C_0$ ) в зонах арктических пустынь и тундр составляет 98%, в северной половине тайги и горных районах – 80%, в зоне южной тайги – 50%, в зоне широколиственных лесов и лесостепи 30%, в зоне степей 35%. По значениям  $K_2$  оценивается состояние ландшафта в следующих градациях: удовлетворительное – более 1,5; напряженное – 1,1–1,5; критическое – 0,9–1,1; кризисное – 0,5–0,9; катастрофическое – менее 0,50.

Таблица

Уровень антропогенной трансформации ландшафтов различных видов и родов

Род, вид ландшафта	$K_0$	$K_{сз}$	$K_{ап}$	$K_f$
Аллювиально-террасированные	0,62	0,56	4,25	1,90
Плосковолнистые с поверхн. залеганием аллювиальных песков	0,49	0,59	3,93	2,06
Плоскобугристые с эоловыми грядами с поверхностным залеганием аллювиальных песков	1,25	0,43	5,16	1,47
Плосковолнистые с прерывистым покровом водно-ледниковых супесей	0,85	0,56	4,82	1,24
Волнистые с останцами моренной равнины с прерывистым покровом водно-ледниковых супесей	0,46	0,65	3,89	2,22
Волнистые с прерыв. покровом водно-ледниковых супесей	0,22	0,67	3,14	2,67
Холмисто-моренно-эрозионные	1,63	0,53	5,58	1,17
Среднехолмисто-грядовые с прерывистым покровом водно-ледниковых супесей	1,63	0,53	5,58	1,17
Вторичные водно-ледниковые	1,50	0,46	5,49	1,28
Волнистые с поверхн. залеганием водно-ледниковых песков	2,53	0,36	6,09	1,25
Плосковолнистые с покровом водно-ледниковых супесей	1,62	0,38	5,56	1,24
Волнистые с покровом водно-ледниковых супесей	1,57	0,51	5,69	1,18
Волнистые с покровом лёссовидных суглинков	9,73	0,37	7,32	0,27
Плоские с поверхн. залеганием водно-ледниковых песков	1,47	0,47	5,46	1,29
Плосковолнистые с прерывистым покровом водно-ледниковых супесей	0,27	0,69	3,34	2,62
Моренно-зандровые	2,34	0,45	6,06	0,93
Волнистые с прерыв. покровом водно-ледниковых супесей	1,24	0,45	5,29	1,43
Холмисто-волнистые с покровом лёссовидных суглинков	19,00	0,39	7,42	0,07
Волнистые с прерыв. покровом водно-ледниковых супесей	2,18	0,51	5,90	0,97
Волнисто-увалистые с покровом лёссовидных суглинков	7,75	0,37	7,28	0,32
Вторичноморенные	3,08	0,44	6,34	0,74
Волнистые с придолинными зандрами с покровом водно-ледниковых супесей	0,60	0,53	4,24	1,95
Холмисто-волнистые с покровом лёссовидных суглинков	14,81	0,34	7,42	0,13
Волнистые с покровом водно-ледниковых суглинков	4,44	0,44	6,67	0,55
Волнистые с покровом водно-ледниковых супесей	3,00	0,47	6,29	0,80
Холмисто-волнистые с покровом водно-ледниковых суглинков	8,26	0,42	7,10	0,25
Пойменные	0,18	0,71	4,55	0,46
Плоские с лугами, реке болотами	0,10	0,75	4,69	0,20
Плоские с низинными болотами, черноольховыми лесами	0,06	0,78	3,99	0,87
Плоскогивистые с лугами, дубравами, низинными болотами и черноольховыми лесами	0,08	0,79	4,07	0,63
Гривистые с лугами, дубравами	0,55	0,55	5,30	0,27
Болотные	1,30	0,37	5,25	1,22
Плоские с поверхностным залеганием торфа и песков	1,83	0,46	5,63	0,94
Плосковолнистые с останцами террас с поверхностным залеганием торфа и песков	1,17	0,39	5,13	1,30
Ландшафты речных долин	1,32	0,55	5,88	0,63
Долины с плоской поймой	0,23	0,70	5,05	0,27
Глубоковрезанные долины со слабовыраженной поймой	3,07	0,47	6,29	0,80

По величине показателя экологической напряжённости выделяются вторичноморенные ландшафты, почти у всех видов которого этот показатель значительно больше 2. Близкие значе-



ния этого показателя имеют и ландшафты, относящиеся к роду моренно-зандровых. Средние значения коэффициента относительной напряжённости – от 1 до 2 – имеют холмисто-моренно-эрозионные, представленные небольшим участком на юго-западе полигона, вторичные водно-ледниковые и ландшафты нерасчленённых комплексов с преобладанием болот и речных долин. Наименьшей экологической напряжённостью отличаются пойменные и аллювиально-террасированные ландшафты.

Анализ значений коэффициента антропогенной преобразованности П.Г. Шищенко показал, что в основном ландшафты относятся к категории среднеизменённых (большая часть вторичных водно-ледниковых, вторичноморенных, моренно-зандровых и ландшафтов нерасчленённых комплексов). Аллювиальные террасированные ландшафты относятся к слабоизменённым.

Исходя из значения геоэкологического коэффициента к ландшафтам в удовлетворительном состоянии относятся только аллювиальные террасированные, к ландшафтам в напряжённом состоянии – вторичные водно-ледниковые, холмисто-моренно-эрозионные и нерасчленённые комплексы с преобладанием болот. В остальных ландшафтов доля лесных экосистем составляет менее критической величины значение: моренно-зандровые ландшафты в критическом состоянии, вторичноморенные и нерасчленённые комплексы речных долин – в кризисном, пойменные – в катастрофическом состоянии.

Часть ПТК выделяется по степени нарушенности природной среды. Так, максимальной степенью трансформации характеризуются ландшафты, относящиеся к разным родам, однако имеющие общие признаки – их подстилающей породой являются лёссовидные суглинки или они имеют более расчленённый характер поверхности – холмисто-волнистые. Такие ландшафты (пять видов, относящиеся к вторичным водно-ледниковым, вторичноморенным и моренно-зандровым ландшафтам) обладают минимальным показателем сохранности естественных геосистем ( $K_r = 0,13-0,27$ ), соответствующем катастрофическому состоянию ландшафта, максимальным значением коэффициента экологической напряжённости (до 19) и коэффициента антропогенной преобразованности (более 7, что соответствует категории сильноизменённых ландшафтов).

### Литература

1. *Исаченко А.Г.* Введение в экологическую географию / А.Г. Исаченко. – СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2008. – 192 с.
2. *Викторов А.С.* Рисунок ландшафта / А.С. Викторов. – М.: Мысль, 1986. – 179 с.
3. Ландшафтная карта Белорусской ССР. Масштаб 1:600 000 / Под ред. А. Г. Исаченко. – М.: ГУГК, 1984.
4. *Кочуров Б.И.* Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории / Б.И. Кочуров. – Смоленск: СГУ, 1999. – 154 с.
5. *Шищенко П.Г.* Прикладная физическая география / П.Г. Шищенко. – Киев: Вища шк., 1988. – 191 с.
6. *Аитов И.С.* Геоэкологический анализ для регионального планирования и системной экспертизы территории (на примере нижневартковского региона): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – Барнаул, 2006. – 18 с.

УДК 574.24:595.3(265.5)

С.А. Черкашин<sup>1,2</sup>, Т.С. Пряжевская<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,  
Владивосток, 690091;

<sup>2</sup>Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского,  
Владивосток, 690059;

<sup>3</sup>Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет  
Владивосток, 690095  
e-mail: sergey.cherkashin@tinro-center.ru

## ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОД ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЕЙ И СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА ПО ВЫЖИВАЕМОСТИ РАКООБРАЗНЫХ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ

В экспериментах 1993 г. выявлена меньшая жизнестойкость копеподитов веслоногих ракообразных *Neocalanus cristatus* из тихоокеанских вод Южных Курил, чем таких же рачков, отловленных у Северных Курил и в Беринговом море. Остротоксичной для этого тест-объекта оказалась вода Авачинской бухты, в то время как вода бухты Русской, расположенной неподалеку, но менее загрязненной, лишь незначительно снижала их выживаемость. В 1994 г. токсикорезистентность *N. plumchrus* из различных водных масс прикурильских вод существенно варьировала, и, в то же время, была в 2 раза выше, чем в заливе Петра Великого Японского моря. Наибольшее влияние на жизнестойкость оказывало физиологическое состояние (в частности, процесс линьки), температура и лишь затем загрязненность акватории. Сопоставление жизнестойкости *C. glacialis* из приостровных вод Амурского залива и других акваторий зал. Петра Великого показало отсутствие значимых различий, что косвенно свидетельствовало о невысоком уровне загрязнения исследованных акваторий в 1996 г. Биотестирование 2003–2015 гг. показало токсичность для мизид вод внутренней наиболее загрязненной акватории Амурского залива, прилегающей к центральной части г. Владивостока. Однако, лишь в августе, сентябре 2003 и июле 2007 гг., выживаемость мизид в водах из этого района в среднем была достоверно ниже, чем из внешней части залива.

**Ключевые слова:** тихоокеанские прикурильские воды, Авачинская бухта, зал. Петра Великого, Амурский залив, биотестирование, токсичность, веслоногие ракообразные, мизиды.

S.A. Cherkashin<sup>1,2</sup>, T.S. Pryazhevskaya<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Pacific Scientific Research Fisheries Center (TINRO-Center),  
Vladivostok, 690091;

<sup>2</sup>Maritime Maritime State University named after admiral G. I. Nevelskoy,  
Vladivostok, 690059;

<sup>3</sup>Far Eastern State Technical Fisheries University,  
Vladivostok, 690091  
e-mail: sergey.cherkashin@tinro-center.ru

## ASSESSMENT OF WATER CONDITIONS IN THE FAR EASTERN SEAS AND THE NORTHWESTERN PACIFIC BY SURVIVAL RATE OF CRUSTACEA IN THE EXPERIMENTS

Copepodites of *Neocalanus cristatus* caught in the Pacific waters at southern Kuril Island have lower viability than those caught at northern Kuril Islands and in the Bering Sea, as it is shown in experiments conducted in 1993. However, the waters in the Avacha Bay (Kamchatka coast of the Pacific) are acutely toxic for this test object, as compared even with the nearest Russian Bay with rather slightly reduced survival of the copepodites. Viability of *N. plumchrus* varies considerably between water masses at Kuril Islands (experiments were conducted in 1994) but generally it is twice higher than in Peter the Great Bay (Japan Sea). The viability of marine organisms depends mostly on their physiological state (in particular, in the process of molting) but also on water temperature and pollution. Viability of *Calanus glacialis* from Peter the Great Bay has no significant differences over its open-water part (experiments in 1996) that is indirect evidence of low pollution of this area. Biotesting in 2003-2015 showed toxicity of internal, most polluted, waters of the Amur Bay adjacent to the central part of Vladivostok, for mysids. However, only in August and September, 2003 and July, 2007 their survival in the waters of this region in average was significantly lower than in the open waters.

**Key words:** Kuril waters, Avacha Bay, Peter the Great Bay, Amur Bay, biotesting, toxicity, copepod, mysid.

По мнению ряда исследователей мелкоразмерные ракообразные оказываются обычно наименее устойчивыми к воздействию неблагоприятных факторов по сравнению с другими группами водных организмов [1–9]. В то же время именно изучение реакции биоты способно охарактеризовать интегральное состояние, трансформацию структуры экосистем, а также позволяет судить о скорости и направлении изменений отдельных ее компонентов. Однако строго унифицированной и универсальной схемы проведения экотоксикологических исследований, пригодной для всех регионов и ситуаций, не существует. Многое зависит от конкретной обстановки и конечных целей.

Существенная роль в мониторинге состояния водоемов принадлежит биотестированию – экспериментальной оценке качества среды, основанной на регистрации тест-функции используемой биосистемы (тест-объекта). Именно биологические исследования позволяют объективно оценить степень совокупного влияния на организмы всех факторов и пригодность водоема для различных видов деятельности. Биотестирование все более актуально для выявления ранних последствий воздействия загрязнения на водные экосистемы, наступающих задолго до изменения численности индикаторных организмов или их видового разнообразия [4, 10]. В соответствии с нормативными документами биотестирование является обязательным элементом системы оценки качества вод [11, 12]. Этот раздел мониторинга недорог, но крайне важен, т.к. позволяет получить интегральную характеристику состояния среды и гидробионтов.

Обоснованность оценки состояния компонентов экосистем определяется, прежде всего, правильным выбором тест-объектов – организмов или любых других биосистем (искусственные лабораторные экосистемы, экспериментальные пруды, изолированные части естественных биогеоценозов), используемых при экспериментальной оценке токсичности веществ, природных и сточных вод, донных отложений и др. Тест-организмы должны отвечать ряду требований, таких как уязвимость или чувствительность, экологическая значимость, массовость, широкая распространенность, доступность.

Задача этой работы – провести анализ экотоксикологического состояния дальневосточных морей России и прилегающих акваторий с использованием ракообразных, отвечающих приведенным выше требованиям.

### Материалы и методы

Биотестирование качества вод из поверхностного слоя (0–0,5 м) пяти районов в Охотском море и северо-западной части Тихого океана проводили в 1993 г. на веслоногих ракообразных *Neocalanus cristatus*; четырех районов в 1994 г. и двух районов зал. Петра Великого Японского моря в 1996 г. – на *Neocalanus plumchrus* и *Calanus glacialis* соответственно. Лов рачков осуществляли сетью БСД. Эксперименты 1993 и 1994 гг. проводили на НИС «Академик А. Несмеянов» и НИС «ТИНРО» соответственно. Для оценки состояния вод использовали метод функциональных нагрузок, в качестве которых для *N. cristatus* использовали опреснение, а для *N. plumchrus* и *C. glacialis* опреснение и хлористый цинк. В 48–96-часовых опытах использовали до пяти концентраций в 2–3 повторностях. С помощью пробит-анализа определяли концентрации, вызывающие гибель 50% особей (ЛК<sub>50</sub>) и сопоставляли жизнестойкость тест-объектов из различных водных масс.

Биотестирование воды Амурского залива из поверхностного слоя 18 станций выполняли преимущественно на мизидах (Mysidae, Mysidacea, Crustacea) в июне – сентябре 2003–2015 гг. Сопоставляли результаты опытов с водой из его открытой части и из внутренней наиболее загрязненной акватории у центральной зоны г. Владивосток. Мизид отлавливали на глубине 0,1–1,5 м в прибрежной акватории о. Рейнеке (условно-фоновый район) и содержали в акклимационных аквариумах на научной базе ТИНРО-Центра на о. Рейнеке в течение 48 ч.

В опытах в каждый стакан помещали по 4–6 экземпляров рачков (копепод или мизид) на 0,5 л тестируемого раствора. Все пробы тестировали в трех повторностях. Продолжительность экспериментов составляла 48–96 ч, в зависимости от времени выявления достоверных различий в смертности тест-объектов. В течение всего эксперимента рачков не кормили. Гибель тест-организмов фиксировали каждые 24 ч, погибших животных удаляли. Биотестирование на мизидах *Neomysis mirabilis* и *Paracanthomysis shikhotaniensis* длиной 15–20 и 9–14 мм соответственно осуществляли согласно Методическим указаниям ... [12]. Эти виды мизид играют существенную роль в прибрежных экосистемах и являются перспективными промысловыми объектами. Наиболее многочисленные рачки *N. mirabilis* составляли в июне 60–98% от общей численности

мизид в мелководных районах Амурского залива. Дополнительные физиологические нагрузки, такие как нерест и линька в процессе биотестирования в июне приводили к тому, что этот тест-объект в данный период оказывался более чувствительным, чем мизиды *P. shikhotaniensis*, численность которых в июле – сентябре у о. Рейнеке достигала 47–60%, а уязвимость представителей этого вида рачков была выше, чем *N. mirabilis*.

Опыты в июне, июле, августе и сентябре проводили при температуре проб 13,2–15,4; 14,0–21,8; 19,8–22,4 и 17,4–21,4°C соответственно, и солености 29,6–33,2‰ в экспериментах различных лет. Температура тестируемых вод следовала природным суточным изменениям. Содержание кислорода составляло более 80% насыщения.

Для всех трех повторностей из каждой пробы определяли среднюю долю (%) погибших рачков и стандартную ошибку. Достоверность различий влияния тестируемых растворов на выживаемость тест-организмов определяли при уровне значимости  $P = 0.05$ .

### Результаты и обсуждение

Эксперименты на веслоногих ракообразных в 1993 г. показали, что *Neocalanus cristatus* из тихоокеанских вод южных Курил оказался менее устойчивым к воздействию опреснения, по сравнению с его представителями, отловленными у Северных Курил и в Беринговом море. Вероятно, среда обитания для копеподитов этого вида IV и V стадий развития менее пригодна в открытых тихоокеанских водах южнее Курил, возможно, из-за близости границы ареала обитания. Остротоксичной для рачков оказалась вода Авачинской бухты у г. Петропавловска-Камчатского, в то время как вода бухты Русской, расположенной неподалеку, но менее загрязненной, лишь ненамного снижала выживаемость этого вида веслоногих ракообразных по сравнению с водой, в которой они содержались до опытов.

В 1994 г. токсикорезистентность к цинку другого массового вида планктонных ракообразных (*Neocalanus plumchrus*) из различных водных масс прикурильских вод существенно варьировала, и, в то же время, была в среднем в 2 раза выше, чем в зал. Петра Великого Японского моря, наиболее загрязненной акватории. Наиболее устойчивым к Zn (24 ч ЛК<sub>50</sub> = 14500 мкг/л) оказался *N. plumchrus* из тихоокеанских субарктических вод южнокурильского района. Однако этот факт, возможно, объясняется отсутствием линьки рачков из этой акватории в период исследования (сентябрь), в то время, как в остальных районах (в мае – августе) она оказывала негативное влияние на резистентность тест-объектов к цинку. Известно, что ракообразным свойственно снижение устойчивости к металлам в процессе линьки [7, 13]. Следовательно, наибольшее влияние на жизнестойкость *N. plumchrus* оказывало физиологическое состояние (в частности, процесс линьки), температура и лишь затем загрязненность акватории. Очевидно, экологические условия для этого вида веслоногих ракообразных в большинстве исследованных районах северо-западной части Тихого океана были благоприятны.

Анализ результатов исследований влияния опреснения и цинка на смертность веслоногих ракообразных, отловленных в заливе Петра Великого, показал отсутствие значимых различий жизнестойкости *Calanus glacialis* из приостровных вод Амурского залива и открытых вод зал. Петра Великого, что косвенно свидетельствовало о невысоком уровне загрязнения исследованных акваторий в 1996 г. В опытах этого года величина 24 ч ЛК<sub>50</sub> цинка для *C. glacialis* составляла 3426 мкг/л, а для *Neocalanus plumchrus* из зал. Петра Великого в 1994 г. – 5986 мкг/л; из тихоокеанских субарктических вод южнокурильского района – 14500 мкг/л цинка.

Биотестирование на мизидах в 2003–2015 гг. показало неблагоприятное экотоксикологическое состояние вод внутренней части Амурского залива, прилегающей к центру г. Владивостока и подверженной интенсивному антропогенному загрязнению. Однако, лишь в августе, сентябре 2003 и июле 2007 гг., выживаемость мизид в водах из этого района в среднем была достоверно ниже, чем из внешней части залива (табл.). Значительные, но кратковременные повышения загрязнения после залповых сбросов, случавшиеся за последнее десятилетие, незамедлительно сказывались на состоянии мизид. Так, биотестирование в сентябре 2008 г., проведенное после массовой гибели многих видов рыб и ракообразных во внутренней части залива, показало, что вода здесь была токсичной и для мизид. В воде у о. Рейнеке гибель мизид также увеличилась по сравнению с предыдущим годом, но оставалась меньше, чем в других районах.

Гибель мизид (%) при биотестировании вод Амурского залива

Дата	Виды мизид	Внешний район	Внутренний более загрязненный район
2003, август*, сентябрь*	<i>Paracanthomysis shikhotaniensis</i>	16.7 ± 6.7 <sup>1</sup> 20.0 ± 0.0 <sup>2</sup>	60.0 ± 11.6 <sup>1</sup> 66.7 ± 6.7 <sup>2</sup>
2004, август, сентябрь	<i>Paracanthomysis shikhotaniensis</i>	53.3 ± 11.6 <sup>2</sup> 13.3 ± 6.7 <sup>2</sup>	63.2 ± 16.7 (33.3 – 93.3) <sup>2</sup> 26.7 ± 6.7 <sup>2</sup>
2005, июнь, сентябрь	<i>Neomysis mirabilis</i> <i>Paracanthomysis shikhotaniensis</i>	46.7 ± 11.6 <sup>2</sup> 20.0 ± 0.0 <sup>2</sup>	66.7 ± 10.2 (53.3 – 86.7) <sup>2</sup> 33.4 ± 6.7 (26.7 – 40.0) <sup>2</sup>
2007, июнь, июль*, сентябрь	<i>Neomysis mirabilis</i> <i>Paracanthomysis shikhotaniensis</i>	6.7 ± 0.0 (6.7 – 6.7) <sup>2</sup> 36.7 ± 3.4 (33.3 – 40.0) <sup>2</sup> 26.7 ± 5.8 (26.7 – 26.7) <sup>3</sup>	13.3 ± 4.7 (6.7 – 26.7) <sup>2</sup> 70.0 ± 3.3 (66.7 – 73.3) <sup>2</sup> 56.7 ± 5.8 (46.7 – 66.7) <sup>3</sup>
2008, июнь, сентябрь	<i>Neomysis mirabilis</i> <i>Paracanthomysis shikhotaniensis</i>	3.4 ± 3.4 (0.0 – 6.7) <sup>3</sup> 44.5 ± 5.5 <sup>2</sup>	3.4 ± 3.4 (0.0 – 6.7) <sup>3</sup> 63.4 ± 6.3 (46.7 – 76.7) <sup>2</sup>
2009, июль	<i>Neomysis mirabilis</i>	31.1 ± 5.9 (20.0 – 40.0) <sup>3</sup>	33.4 ± 6.7 (26.7 – 40.0) <sup>3</sup>
2010, июль, сентябрь	<i>Paracanthomysis shikhotaniensis</i>	53.3 ± 6.7 <sup>2</sup> 20.0 ± 6.7 <sup>2</sup>	83.3 ± 3.4 (75.0 – 91.7) <sup>2</sup> 29.2 ± 3.3 (25.0 – 33.3) <sup>2</sup>
2011, июнь, август	<i>Neomysis mirabilis</i> <i>Paracanthomysis shikhotaniensis</i>	26.7 ± 6.7 (20.0 – 33.3) <sup>3</sup> 26.7 ± 6.7 (20.0 – 33.3) <sup>2</sup>	36.7 ± 3.4 (33.3 – 40.0) <sup>3</sup> 50.0 ± 16.7 (33.3 – 66.7) <sup>2</sup>
2012, июнь, август	<i>Neomysis mirabilis</i> <i>Paracanthomysis shikhotaniensis</i>	13.3 ± 3.4 (6.7 – 20.0) <sup>2</sup> 52.8 ± 6.7 (40.0 – 66.7) <sup>2</sup>	16.7 ± 3.4 (13.3 – 20.0) <sup>2</sup> 63.4 ± 5.8 (60.0 – 66.7) <sup>2</sup>
2013, июнь, август	<i>Neomysis mirabilis</i> <i>Paracanthomysis shikhotaniensis</i>	44.4 ± 5.7 (33.3 – 61.1) <sup>1</sup> 61.1 ± 11.2 (55.5 – 66.7) <sup>3</sup>	47.4 ± 6.7 (33.3 – 61.1) <sup>1</sup> 63.9 ± 3.1 (50.0 – 77.8) <sup>3</sup>
2014, июнь, август	<i>Neomysis mirabilis</i> <i>Paracanthomysis shikhotaniensis</i>	33.3 ± 5.7 (27.8 – 44.4) <sup>3</sup> 41.7 ± 8.3 (33.3 – 58.3) <sup>2</sup>	24.1 ± 1.8 (22.2 – 27.8) <sup>3</sup> 69.4 ± 5.7 (58.3 – 75.0) <sup>2</sup>
2015, июнь, август	<i>Neomysis mirabilis</i> <i>Paracanthomysis shikhotaniensis</i>	31.5 ± 3.3 (27.8 – 38.9) <sup>3</sup> 38.9 ± 3.4 (33.3 – 50.0) <sup>2</sup>	39.7 ± 4.3 (38.9 – 40.0) <sup>3</sup> 69.4 ± 6.7 (58.3 – 75.0) <sup>2</sup>

Примечание. 1 – 48-часовая экспозиция; 2 – 72-часовая экспозиция; 3 – 96-часовая экспозиция. \* – Достоверное различие между гибелью мизид в условно-фоновых и загрязненных районах.

Улучшение экотоксикологической обстановки, вызванное спадом производственной деятельности в Приморье, привело к восстановлению качества вод Амурского залива [14]. Поэтому в 2009–2015 гг. загрязнение залива было менее опасно для мизид. Однако, основные гидрохимические показатели во внутренней и внешней зоне района исследования, характеризующие состояние прибрежных вод, продолжали заметно отличаться.

Тем не менее, температурный режим, насыщение кислородом и отмечаемое опреснение вод внутреннего района не оказывали существенного воздействия на снижение жизнестойкости мизид. Следовательно, увеличение смертности рачков вызывало антропогенное загрязнение. Биотестирование вод исследованных акваторий выявило токсичность исследованных проб для мизид только в локальных участках залива. Неблагоприятное экотоксикологическое качество вод обнаружено во внутренней акватории Амурского залива, прилегающей к центральной части Владивостока и подверженной интенсивному антропогенному загрязнению, как установлено и в более ранних исследованиях. Здесь были отмечены негативные изменения состояния, снижение видового разнообразия планктонных сообществ, изменение численности и пространственной структуры индикаторных видов фитопланктона и мизид [14, 15]. Максимальные концентрации меди и цинка в водах залива в последние годы были выше ПДК в 2,6 и 3,2 раза соответственно. Такие концентрации металлов увеличивали гибель мизид в краткосрочных опытах. В районах выпусков сточных вод г. Владивостока общее содержание СУВ по данным А.П. Черняева [15] превышало ПДК нефти и нефтепродуктов в 5–6 раз и, вероятно, снижало выживаемость рачков. Прибрежные воды открытых акваторий Амурского залива характеризуются относительно невысокими концентрациями УВ – у о. Рейнеке их содержание не превышало 2 ПДК, оставаясь близким к максимальной нелетальной концентрации для мизид *Neomysis mirabilis* в острых опытах.

Подводя итог биотестированию вод залива, необходимо отметить отсутствие токсичности вод большинства исследованных акваторий для двух массовых видов мизид. Поскольку ранее нами доказана повышенная уязвимость мизид для загрязнения по сравнению с большинством других обитателей зал. Петра Великого, то в большинстве районов залива состояние вод вполне благоприятно и для других промысловых видов ракообразных.

### Заключение

Приведенные результаты свидетельствуют о благополучном экотоксикологическом состоянии вод большинства исследованных районов. Очевидно, условия обитания в Охотском море и прилегающих акваториях Тихого океана, за исключением Авачинской бухты, не оказывали существенного воздействия на устойчивость веслоногих ракообразных к неблагоприятным факторам. Пробы воды из внутренней акватории Амурского залива, подверженной интенсивному антропогенному загрязнению, в большинстве случаев токсичны для мизид. Температурный режим экспериментов, насыщение кислородом и отмечаемое опреснение вод не проявляли значимого влияния на снижение жизнестойкости тест-организмов. Следовательно, увеличение смертности рачков вызывало антропогенное загрязнение. В этих районах определяемые концентрации ряда металлов и нефтяных углеводородов способны существенно снизить выживаемость мизид. Анализ экотоксикологического состояния вод залива в 2003–2015 гг. методом биотестирования выявил улучшение обстановки начиная с 2009 г. после снижения уровня загрязнения вод. Наиболее благоприятные экологические условия характерны для открытой зоны залива.

### Литература

1. Патин С.А. Влияние загрязнения на биологические ресурсы и продуктивность Мирового океана. – М.: Пищ. пром-сть, 1979. – 304 с.
2. Мур Дж., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах: Контроль и оценка влияния: Пер. с англ. – М.: Мир, 1987. – 288 с.
3. Cripe G.M. Comparative acute toxicities of several pesticides and metals to *Mysidopsis bahia* and postlarval *Penaeus duorarum* // *Environ. Toxicol. and Chemistry*. – 1994. – Vol. 13, no. 11. – P. 1867–1872.
4. Черкашин С.А. Биотестирование: терминология, задачи, основные требования и применение в рыбохозяйственной токсикологии // *Изв. ТИНРО*. – 2001. – Т. 128, ч. III. – С. 1020–1035.
5. Черкашин С.А. Отдельные аспекты влияния углеводородов нефти на рыб и ракообразных // *Вестник ДВО РАН*. – 2005. – № 3. – С. 83–91.
6. Verslycke T., Vangheluwe M., Heijerick D. et al. The toxicity of metal mixtures to the estuarine mysid *Neomysis integer* under changing salinity // *Aquat. Toxicol.* – 2003. – Vol. 64, no. 3. – P. 307–315.
7. Черкашин С.А., Блинова Н.К. Воздействие тяжелых металлов на выживаемость ракообразных (обзор) // *Гидробиол. журн.* – 2010. – Т. 46, № 4. – С. 84–97.
8. Черкашин С.А., Блинова Н.К. Экспериментальные исследования токсичности фенола для ракообразных (обзор) // *Гидробиол. журн.* 2013. – Т. 49, № 3. – С. 61–74.
9. Пряжевская Т.С., Черкашин С.А. Влияние меди на выживаемость мизид *Neomysis mirabilis* и *Paracanthomysis* sp. (Crustacea: Mysidacea) // *Изв. ТИНРО*. – 2014. – Т. 177. – С. 219–226.
10. Лукьянова О.Н., Черкашин С.А., Симоконь М.В. Обзор современного экологического состояния залива Петра Великого (2000–2010 гг.) // *Вестник ДВО РАН*. – 2012. – № 2. – С. 55–63.
11. Правила охраны поверхностных вод от загрязнения (типовые). Утв. 21 февраля 1991 г. – М.: Госкомприроды СССР, 1991. – 35 с.
12. Методические указания по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. – М.: Изд-во ВНИРО, 2011. – 201 с.
13. Price R.K.J., Uglow R.F. Effects of certain metals on development and mortality within the moult cycle of *Crangon crangon* // *Mar. Environ. Res.* – 1979. – Vol. 2, № 4. – P. 287–299.
14. Черкашин С.А., Вейдеман Е.Л. Экотоксикологический анализ состояния прибрежных экосистем залива Петра Великого (Японское море) // *Вопросы рыболовства*. – 2005. – Т. 6, № 4(24). – С. 637–652.
15. Черняев А.П., Лукьянова О.Н., Черкашин С.А. Распределение нефтяных углеводородов и оценка состояния биоты в Амурском заливе (Японское море) // *Экологич. химия*. – 2006. – Т. 15, № 1. – С. 28–38.

УДК 502.51(282.02)(476)

**О.В. Шершне<sup>1</sup>, М.Г. Ясовеев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины,  
Гомель, 246019;*

<sup>2</sup>*Белорусский государственный педагогический университет им. М. Танка,  
Минск, 220809  
e-mail: gomelgeo@yandex.ru*

### **ГИДРОГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

Статья посвящена оценке современного состояния пресных подземных вод в Республике Беларусь. В статье приведена характеристика природных факторов и антропогенных источников воздействия на пресные подземные воды. Представлены результаты комплексной оценки состояния пресных подземных вод на основе качественных и количественных критериев.

**Ключевые слова:** пресные подземные воды, количество и качество подземных вод, загрязнение.

**O.V. Shershneyov<sup>1</sup>, M.G. Jasoveyev<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*F. Skorina Gomel State University,  
Gomel, 683003;*

<sup>2</sup>*Belarus State Pedagogical University,  
Minsk, 220809  
e-mail: gomelgeo@yandex.ru*

### **FRESH GROUNDWATER HYDROECOLOGICAL STATE WITHIN THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF BELARUS**

The article is devoted to the assessment of fresh groundwater modern state within the territory of the Republic of Belarus. The characteristic of natural and anthropogenic factors is given in the article. The results of complex assessment of fresh groundwater state based on quality and quantity characteristics are presented.

**Key words:** fresh groundwater, fresh groundwater quantity and quality, contamination.

В Республике Беларусь хозяйственно-питьевое водоснабжение практически полностью осуществляется за счет привлечения пресных подземных вод, приоритетное использование которых закреплено в статье 5 Закона Республики Беларусь «О питьевом водоснабжении». Подобное целевое назначение предполагает их необходимое количество и соответствующее качество, которые в силу интенсивной эксплуатации подземных вод для водоснабжения, мелиорации земель, влияния промышленного производства и др. претерпевают существенные изменения.

Качество питьевых подземных вод должно соответствовать нормативным требованиям [1, 2].

В меньшей степени учитываются количественные характеристики, которые определяются эксплуатационными запасами на расчетный период времени и для которых нет установленных нормативов в случае их изменения при эксплуатации. Поэтому для оценки состояния подземных вод Беларуси и их устойчивого хозяйственно-питьевого использования целесообразно применение комплексного подхода, основанного на совместном учете качественных и количественных показателей подземных вод.

В зависимости от условий техногенного воздействия нами выделены градации (категории) качества подземных вод (табл. 1).

Таблица 1

**Категории качества подземных вод**

Категории качества	Характеристика
1	Влияние человека на подземные воды незначительное или отсутствует. Воды обладают весьма хорошими гидрохимическими показателями
2	Влияние человека на подземные воды не высокое, при хороших гидрохимических показателях воды в течение длительного периода
3	Влияние человека на подземные воды значительное. Воды, как правило, обладают хорошими гидрохимическими показателями, но есть признаки ухудшения качества ресурса.
4	Влияние человека весьма значительное. Воды обладают неудовлетворительными гидрохимическими показателями
5	Воздействие человека на подземные воды не существенное или отсутствует. Воды обладают специфическими (характерными для определенных территорий) природными гидрохимическими особенностями с концентрациями макро- и микрокомпонентов больше ПДК

В качестве гидрохимических показателей качества выступают так называемые общие показатели качества подземных вод, т.е. такие, которые проявляются наиболее часто и повсеместно. Для подземных вод Беларуси такими показателями могут являться, например,  $Cl$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $NO_3$ ,  $NH_4^+$ , Fe, Mn.

Количественно подразделение на категории можно представить, взяв за основу схему предложенную в работе [3] и опираясь на определение понятия «загрязнение подземных вод». В этом случае категории 1 будут соответствовать воды с гидрохимическими показателями ( $c_i$ ) соответствующими естественным условиям, или фоновые показатели ( $c_e$ ):  $c_e \geq c_i$

Гидрохимические показатели подземных вод второй категории определяются условием:  $c_e < c_i \leq 0,5$  ПДК. Третья категория определяется условием:  $0,5$  ПДК  $< c_i \leq$  ПДК. При этом отнесение качества воды к третьей категории возможно в том случае, когда хоть один из оцениваемых показателей будет превышать 0,5 ПДК. Четвертой категории соответствует состояние вод, в которых оцениваемые гидрохимические показатели, или хотя бы один из них превышают ПДК.

Количественное состояние подземных вод оценивается предусмотренной величиной водопонижения и определяется режимом эксплуатации и способностью подземных вод к восстановлению их гидродинамического режима за счет восполнения запасов.

Состояние подземных вод, определяемое на основании их количественных изменений, можно подразделить на несколько категорий (табл. 2).

Таблица 2

**Состояние подземных вод в зависимости от изменения их количественных характеристик**

Категории состояния	Характеристика
А	Влияние техногенеза на подземные воды не существенное или отсутствует. Гидрогеологические условия устойчивые. Изъятие и величина естественного восстановления устойчивы в течение длительного периода времени
Б	Техногенное влияние на подземные воды не большое, с умеренно неустойчивыми условиями водного баланса и без чрезмерной эксплуатации ресурса. Ресурс устойчиво используется в течение длительного периода
В	Воздействие техногенеза на подземные воды велико, что выражается значительными изменениями показателей
Г	Влияние человека незначительно или отсутствует, но для вмещающих пород характерна низкая водообильность

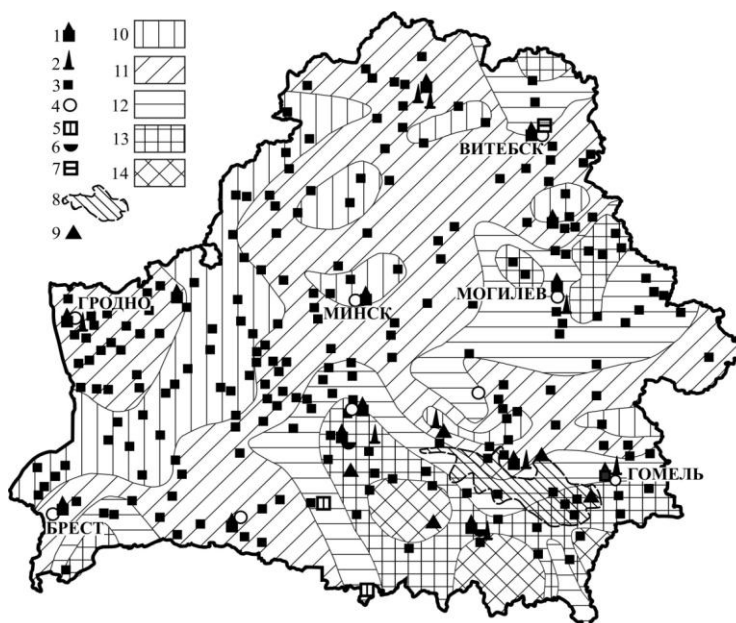
При проведении корреляции между качественными и количественными категориями можно получить комплексную (качественно-количественную) оценку состояния подземных вод Беларуси (табл. 3).

На территории Беларуси условиями, определяющими отнесение подземных вод к категории высокого качества (1–А) могут служить территории заповедников, заказников, национальных парков, др. особо охраняемых территорий и объектов.

Ко второй категории (1–Б, 2–А, 2–Б) принадлежат воды территорий, удаленных от крупных промышленных предприятий, с рациональным ведением хозяйства.



К третьей категории (3–А, 3–Б) относятся подземные воды колодцев, активно эксплуатируемые в сельских населенных пунктах и для которых во многих случаях характерна высокая степень загрязнения с преобладанием нитратов, хлоридов, сульфатов и др. соединений, а также городские территории, испытывающие коммунально-бытовое загрязнение. Источники загрязнения: хозяйственная и коммунальная деятельность частных водопотребителей, вторичное загрязнение от рядом расположенных промышленных районов; применение удобрений при сельскохозяйственной деятельности и последующий их смыв и фильтрация в подземные воды; смыв загрязняющих веществ из мест накопителей и при утилизации жидких стоков на сельскохозяйственных полях орошения (рис.). Иногда загрязнение отмечается не только в грунтовых, но и напорных водах. В то же время может происходить и рост содержания микроэлементов. Такие изменения выявлены во многих районах республики [4–8]. Однако, во всех перечисленных случаях, отнесение подземных вод к 3 категории должно соответствовать условию, приведенному в табл. 1.



Природные факторы и антропогенные источники воздействия на пресные подземные воды:

1 – объекты интенсивного промышленного и коммунально-бытового загрязнения; 2 – крупные химические комбинаты, 3 – животноводческие комплексы; 4 – водозаборы с высокой степенью использования эксплуатационных запасов; 5–8 – разработка месторождений полезных ископаемых: 5 – строительный и облицовочный камень; 6 – каменные и калийные соли; 7 – доломиты; 8 – площади разработки нефтяных месторождений; 9 – участки разгрузки минерализованных хлоридных натриевых вод; 10–14 площади распространения железа в подземных водах зоны активного водообмена (мг/дм<sup>3</sup>): 10 – <0,5; 11 – 0,5–1,0; 12 – 1,0–1,5; 13 – 1,5–2,0; 14 – >2,0.

Таблица 3

Состояние подземных вод Беларуси в зависимости от качественно-количественных показателей

Категория	Индекс	Характеристика
Высокое качество	1–А	Влияние человека на качество и количество ресурса не существенное или отсутствует, за исключением частных случаев обусловленных природными факторами
Хорошее качество	1–Б, 2–А, 2–Б	Влияние человека на качество и (или) количество ресурса мало
Удовлетворительное качество	3–А, 3–Б	Влияние человека на количественные характеристики ресурса мало, при значительном влиянии на качество, что требует надлежащих мер для предотвращения его ухудшения
Неудовлетворительное качество	1–В, 2–В, 3–В, 4–В, 4–А, 4–Б	Влияние человека на качество и (или) количество ресурса весьма значительное, что требует особых исправительных мер
Частные случаи, обусловленные природными особенностями	1–Г, 2–Г, 3–Г, 4–Г, 5–А, 5–Б, 5–В, 5–Г	Качественные и (или) количественные показатели подземных вод не испытывают серьезного влияния человека, но наличие определенных химических соединений или малое количество ресурса обусловленные частными природными условиями затрудняют их использование

В случае несоблюдения условия и превышения показателей относительно ПДК и (или) чрезмерного водозабора состояние подземных вод будет характеризоваться категорией неудовлетворительного качества. Моделями подобных условий могут служить крупные промрайоны, территории, связанные с разведкой и разработкой месторождений полезных ископаемых, мелиорация земель, чрезмерный водозабор подземных вод. Известными примерами отрицательного воздействия на подземные воды являются Солигорский, Гомельский, Светлогорский промыш-

ленные районы, где концентрации нитратов, нефтепродуктов, хлоридов, фосфатов, некоторых тяжелых металлов и др. элементов превышают ПДК в несколько раз, причем не только в грунтовых, но и глубокозалегающих водоносных горизонтах. В крупных промышленных районах имеют место и значительные понижения уровней подземных вод, и формирование обширных депрессионных воронок. Например, в районе г. Минска, площадь депрессионной воронки составляет 750 км<sup>2</sup> [4, 5].

Интенсивная эксплуатация подземных вод приводит не только к количественным, но и качественным изменениям характеристик подземных вод. Показательным примером такого влияния является практика использования подземных вод в г. Новополоцке, где в результате интенсивного водоотбора произошло изменение состава и минерализации вод эксплуатируемого водоносного горизонта за счет увеличения содержания Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> и др. макрокомпонентов. Подобные изменения отмечаются и на некоторых других водозаборах, например в гг. Солигорск и Барановичи.

При разведке и разработке месторождений полезных ископаемых иногда происходит ухудшение качества подземных вод. Например, в пределах нефтяных месторождений Припятского прогиба подземные воды загрязняются нефтепродуктами, поверхностно-активными веществами, высокоминерализованными рассолами и др. химическими реагентами, на значительных площадях (несколько га) и глубинах до нескольких десятков метров. В других случаях запасы подземных вод истощаются, что вызвано массивованным водоотливом из карьеров и приводит к формированию депрессионных воронок значительных размеров (карьеры «Микашевичи», «Руба») [4, 5].

Воздействие мелиорации на подземные воды выражается как в качественных, так и в количественных изменениях последних. Они могут носить локальный и региональный характер. Изменения химического состава подземных вод и особенно грунтовых выражаются в увеличивающейся в несколько раз минерализации, содержании нитратов и основных компонентов [7, 9].

Естественное изменение состава и минерализации подземных вод наблюдается локально, и, как правило, связано с очагами разгрузки минерализованных вод и приурочено к зонам пересечения речными долинами крупных тектонических разломов, а также участкам неглубокого залегания солянокупольных структур в Припятском прогибе. Кроме того, в целом для республики, используемые в питьевых целях подземные воды, отличаются повышенным содержанием железа, марганца и пониженным – фтора и йода.

При этом необходимо отметить, что ухудшение качества воды может происходить по причине не совершенного водообеспечивающего оборудования. Воды многих месторождений подземных вод Беларуси обладают высокой коррозионной активностью, что способствует возникновению вторичного загрязнения воды в металлических водопроводных трубах и емкостях. Повышенное содержание железа в пресных подземных водах определяется физико-географическими и геолого-гидрогеологическими условиями территории республики. Часто его концентрации достигают 1,5–3,0 и даже 5–10 мг/дм<sup>3</sup> (ПДК – 0,3 мг/дм<sup>3</sup>). До 60% всех скважин республики, а на Полесье около 80% характеризуются его превышением ПДК. Наиболее высоким содержанием железа (до 20–30 мг/дм<sup>3</sup>), присутствующего в подземных водах в основном в закисной форме, отличаются грунтовые воды, связанные с болотными массивами. Для напорных вод также прослеживается связь между степенью заболоченности территории и условиями ожелезненности подземных вод. Повышенные концентрации марганца – до 0,5–1,0 мг/дм<sup>3</sup> (ПДК – 0,1 мг/дм<sup>3</sup>) в региональном плане соответствует распространению железосодержащих вод [4, 5]. Воды, содержащие повышенные концентрации железа требуют применения мероприятий по их обезжелезиванию. Однако республика испытывает недостаток в этом комплексе очистных сооружений. С целью восполнения дефицита йода и фтора в организме человека, практикуется йодизация поваренной соли, йодизации и фторирования воды (бутилированной), и некоторых продуктов питания.

### Литература

1. СанПиН 10-124 РБ 99. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества // Сб. санитарных правил и норм по питьевому водоснабжению. – С. 3–108.
2. СанПиН 8-83-98 РБ 99. Требования к качеству воды при нецентрализованном водоснабжении. Санитарная охрана источников // Сб. санитарных правил и норм по питьевому водоснабжению. – С. 131–141.

3. Гольдберг В.М. Взаимосвязь загрязнения подземных вод и природной среды. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – 248 с.
4. Природная среда Беларуси / Под ред. В.Ф. Логинова. – Минск: БИП-С, 2002. – 424 с.
5. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений, 2013 / Под общей ред. М.А. Ересько [Электронный ресурс]. – Минск: БелНИЦ «Экология», 2014.
6. Бачиа С.С., Зайко С.М., Вашкевич Л.Ф. Мониторинг качества питьевых вод в Солигорском горнопромышленном районе: Обзорная информация. – Минск: БелНИЦ «Экология», 2004. – 50 с.
7. Кудельский А.В., Пашкевич В.И. Качество питьевых подземных вод в сельских населенных пунктах Беларуси // Информационный бюллетень. – Минск: БелНИЦ «Экология», 1997. – № 5(12). – 22 с.
8. Кузнецов В.А., В.А., Петухова Н.Н., Оношко М.П., Генералова Вадковская И.К., Жуховицкая А.Л., Рябова Л.Н., Белоусова Т.Н., Веремчук С.Н. Геохимия ландшафтов Припятского Полесья. – Минск: ИГН НАНБ, 1997. – 240 с.
9. Кудельский А.В., Гречко А.М., Кривецкая Т.Д., Пашкевич В.И. Гидрогеологическая экспертиза широкомасштабных осушительных мелиораций Белорусского Полесья. – Минск: Навука і тэхніка, 1993. – 112 с.

#### Секция 4. ОХРАНА И РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

УДК 383.483.11(574.1)

**А.Г. Абдуллина, А.З. Айдарова**

*Актюбинский региональный государственный университет имени К. Жубанова,  
Kazakhstan, Актюбе, 030000  
e-mail: akshunus\_a@mail.ru;  
akmaral.aydarova@mail.ru*

#### **ПРИРОДНО-РЕКРЕАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ КАК ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗВИТИЯ ТУРИЗМА В РЕГИОНЕ (НА ПРИМЕРЕ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА)**

В статье рассматриваются природно-рекреационные ресурсы Западного региона Республики Казахстан и возможные направления использования их в туристской отрасли.

**Ключевые слова:** природные ресурсы, рекреационные ресурсы, туристская отрасль, Западный Казахстан.

**A.G. Abdullina, A.Z. Aidarova**

*K. Zhubanov Aktobe Regional State University,  
Kazakhstan, Aktobe, 030000  
e-mail: akshunus\_a@mail.ru;  
akmaral.aydarova@mail.ru*

#### **NATURAL AND RECREATIONAL RESOURCES AS A PREREQUISITE FOR TOURISM DEVELOPMENT IN THE REGION (WESTERN KAZAKHSTAN)**

The article deals with natural and recreational resources of the Western region of the Republic of Kazakhstan and possible directions for using them in tourism industry.

**Key words:** natural resources, recreational resources, tourism industry, Western Kazakhstan.

Казахстан, обладая уникальными природными ресурсами и самобытной культурой кочевого народа, имеет огромный нереализованный потенциал для развития туризма на международном и региональном рынках. Туристический потенциал рекреационных ресурсов и историко-культурного наследия позволяет республике гармонично интегрироваться в международный рынок туризма и достичь интенсивного развития туризма в стране. Это обеспечит устойчивый рост занятости и доходов населения, стимулирование развития смежных с туризмом отраслей и увеличение притока инвестиций в национальную экономику. Глава государства Н.Назарбаев отметил необходимость разработки плана по созданию и развитию туристического кластера.

Различные факторы природной среды оказывают давление на человека, и основным среди них является климат. На наш взгляд, климатические процессы представляют собой ту силу, которая влияет на психологическую ориентацию людей в выборе места отдыха и развлечений. Туризм – это движение во времени и пространстве, следовательно, люди, путешествуя, меняют свое место пребывания, а значит, перемещаются из одной климатической зоны в другую. Поэтому важно наметить сезонность туристических потоков, выявить позитивные и негативные факторы климатических условий западного района нашей республики [1].

Не менее важным элементом природной среды являются водные условия (реки, озера, моря). Многие туристы хотят позагорать, покататься, поудить рыбу и т. д. Вследствие этого водные условия играют важную роль при выборе критериев туризма, и рекреации.

Развитие рекреационной системы и интенсификация ресурсопользования в условиях республики может сочетать в себе несколько подходов. Это решение вопросов длительного отдыха путем создания бальнеологических курортов (в том числе приморских - на Каспийском побережье), а также вовлечение в действие естественных ресурсов, спрос на которые постоянно растет. Последнее обуславливает необходимость организации такой формы использования, при которой максимальное количество людей могло бы эффективно пользоваться ими без опасности деградации этих ресурсов.

Аттрактивность природных памятников Западного Казахстана не менее важна. Этот регион богат живописными разнообразными и интереснейшими ландшафтами. Именно в ландшафтах, отличающихся однородностью природных условий, открываются благоприятные возможности всестороннего учета сложных природных взаимосвязей, предвидения прямых и косвенных последствий антропогенного воздействия на экологическую среду.

Сейчас во всей Республике Казахстан имеется 26 памятника природы республиканского значения. Они представляют собой огромный интерес для туризма (особенно познавательного). Каждый такой памятник обладает своими особенностями, неповторимыми аттрактивными свойствами [2].

Самыми примечательными такими памятниками в Западном Казахстане являются: пещеры Мангыстау и плато Устюрт, чинки Устюрта и самая глубокая на территории СНГ сухая впадина – Карагие.

*Пещеры Мангыстау и плато Устюрт.* В казахстанской части Устюрта насчитывается до 30 карстовых пещер, которые относятся к известняково-гипсовым породам неогена, самые крупные из этих пещер достигают в длину иногда 100–120 м и имеют невысокие своды и входы. Подземные пещеры вызвали бы большой интерес у туристов.

*Чинки Устюрта* простираются на сотни километров. Высота чинков (обрывов) достигает 100-120 м. В обрывах обнажаются пестрые глинисто-известковые породы третичного возраста, слагающие плато Устюрт, у подножья отвесных обрывов (часто совершенно непроходимых) нередко выходы подземных вод, растут тростниковые луга.

*Карагие (Батыр)* – самая глубокая на территории СНГ сухая впадина, находящаяся на высоте 132 метра ниже уровня моря. Она находится в центре пустынной зоны на полуострове Мангыстау, в 120 км от города Актау. Впадина окаймлена обрывистыми склонами, на дне расположены пересыхающее озеро, солончак. Образование впадины связывают с процессами выколачивания соленосных пород, с просадочными и карстовыми процессами, имевшими место на побережье Каспийского моря.

Климат резко континентальный. В течение всего года дуют сильные ветры, летом часты суховеи. Особенно подвержены влиянию засух южные районы, находящиеся в пустынной и полупустынной зонах области, основной специализацией которых является табунно-пастбищное животноводство. В результате часто повторяющихся засух происходит высыхание водоемов, выгорание пастбищ, что приводит к снижению поголовья скота и ухудшению экологического, экономического и социального положения населения [3].

Для всей области характерны неустойчивость и дефицит атмосферных осадков.

Экологическая ситуация в области связана с негативным воздействием полувекowego периода функционирования военных полигонов, нарушением экосистемы реки Жайык. Увеличение добычи углеводородного сырья может сопровождаться ростом выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, почву, водные источники.

Сегодня туристские фирмы для активного привлечения туристов во многом используют имеющиеся природные и культурно-исторические ресурсы области. Однако заявки на экскурсионное обслуживание поступают, прежде всего, от учащейся молодежи.

*Озеро Шалкар* расположено в 100 километрах от города Уральска на территории Западно-Казахстанской области. Этот природный водоем очень древний, он – остаток от бывшего здесь Каспийского моря.

По окружности озеро составляет 206 километров, длина 18,4 км, ширина 14,7 км. Глубина достигает 18 метров. В ее составе соленые кислоты, кальций гидрокарбонат, магний и другие,

жизненно важные минеральные элементы. Это говорит о том, что его состав ничем не отличается от морской воды, а по экологическому состоянию превышает многие морские воды.

Озеро Шалкар, при полете на самолете над ним, производит впечатление ярко синего блюда среди бескрайних степей.

Озеро характеризуется относительно небольшими глубинами, в ветреную погоду сплошь покрытое волнами с белыми барабашками, шумом прибоя оно напоминает настоящее море, это особо ощутимо у берега. Слабосоленые воды озера с их богатым кормом, создают прекрасные условия для размножения рыб и водоплавающей дичи, поэтому оно издавна было признанным местом для рыбной ловли и охоты.

Гидрографический режим озера полностью зависит от своего родителя Каспийского моря. Озеро в течение последних лет имеет довольно положительный уровень воды. Научное исследование озера Шалкар начато с начала XX столетия [4].

Было научно обосновано, что озеро образовалось на месте разрушенного соляного купола, краями которого принято считать гору Сантас. Меловая гора Сантас находится на северном берегу озера Шалкар. Она имеет вытянутую форму, с юга на север, протяженностью 7-8 км. Высота горки небольшая, около 20 км, но она заметно возвышается над водной гладью озера и ровной окрестной степью. С юга к горе примыкает солончаковый шлейф, покрытый солеросом.

Недалеко от этого места имеется соленое озеро, богатое лечебными свойствами, в жаркое время лета сюда съезжаются люди для лечения.

Озеро Шалкар – памятник природы, оно охраняется государством. Один из мудрецов говорил «В будущем доктора не станут всех посылать на южные воды, а в ту природу, в ту среду, где человеку все понятно, близко, мило»

Этим близким, милым местом для нас является степное озеро Шалкар. Здесь жили наши предки, пытались судьбу. Прадеды наши не знали иной природы, чем этот угол земной с озером, на берегах которого каждый кустик станет святым. Здесь хватит всем воды и воздуха.

*Шалкарский биогидрологический заказник* организован решением областной администрации в 1992 г.

Занимает 260,0 тысяч гектар, включая акваторию оз. Шалкар, Альжан и их ближайшие окрестности в пределах Акжайкского района.

Озеро Шалкар занимает до 242 кв. км. В нем собирается около 1,1–1,4 млрд куб. литров воды. Вода солоноватая – различных солей содержится до 4,6 грамм на литр, из которых 2,5 г приходится на долю хлоридов. Питается озеро стоками рр. Есенанкаты, Шолаканкаты и по каналу из р. Урала. В многоводные годы часть воды по руслу Солянки сбрасывается в Урал.

Озеро Альжан небольшое – при наполнении занимает около одного квадратного километра, а в засушливые годы оно пересыхает и превращается в сор, грязи которого обладают лечебными свойствами. Для сохранения их свойств и предупреждения химического и бактериального загрязнения на расстоянии 1,5 км от уреза воды установлена специальная зона санитарной охраны, где запрещаются любые действия, которые могут нанести вред лечебным свойствам грязи.

По природным условиям северная часть заказника представляет сыртовое плато, сильно расчлененное оврагами и долинами рек. Здесь на темно – каштановых почвах господствуют сообщества ковыля Лессинга (ковылка) и ковыля волосатика (тырсы), с которыми произрастают еще более 130 видов растений из 29 семейств – сложноцветных, крестоцветных, бобовых, розоцветных и других.

Южная – большая часть территории расположена в пределах Прикаспийской низменности, где почти на идеальной равнине выделяются соляные купола Сантас (71 м) и Сасай (94 м). Отрицательные элементы рельефа представлены замкнутыми понижениями (площадью от десятков квадратных метров до нескольких гектар), придающими степи своеобразный пятнистый характер. На большей части этих пространств, особенно по юго-восточному и южному побережью озера и склонам г. Сасай, господствуют сообщества типчака, где заметную роль играют также ковыли, тонконог, осока уральская, полынь белая и другие виды [5].

Наряду с этими зональными типами растительности на солонцах в места пастбищных сбоев сформировались чернополынные, белополынные и комфоросмовые сообщества, а на засоленных участках – биюргуновые, кокпековые, сарсазановые и солеросовые ассоциации. Гидрофильная растительность представлена тростником, который местами образует непроходимые крепи, рогозами, камышом, сусаком, роголистником, рдестами и другими видами.

В целом во флоре бассейна Шалкара насчитывается около 600 видов высших растений, в том числе более десятка редких, в основном, меловых эндемиков – смолевка, льянка, ежевник, нагаловатка киргизская, пупавка Корнух – Троицкого, василек Маршала, тюльпан Шренка и другие.

Богат и разнообразен животный мир. Здесь известно около 130 видов птиц, почти по 20 видов млекопитающих и рыб (в том числе эндемичная челкарская селедочка) и около десятка пресмыкающихся и земноводных.

Среди гнездящихся птиц на озере наиболее многочисленны береговые ласточки, желтые трясогузки и виды водно-болотного комплекса: лысуха, кряква, красноголовый нырок, пеганка (из уток), серый гусь, обыкновенная и серебристая чайки, обыкновенная крачка, серая и большая белая цапли, лунь болотный и различные кулики – степная тиркушка, чибис, зуйки, а во время миграций турухтан и круглоносый плавунчик; в тростниковых зарослях многочисленны камышовки, тростниковые овсянки, усаые синицы и некоторые другие. В степи фоновыми видами являются полевой, степной и белокрылый жаворонки и обыкновенная каменка. Из средних видов на озере известны встречи лебедя – белохвоста; в степи – степного орла, могильника журавля – красавки, стрепета, кречетки, а в прошлом и дрофы.

Из млекопитающих довольно обычны различные виды степных грызунов (суслики, полевки, хомяк и хомячки, слепушонка) и питающиеся ими лисица, корсак, степной хорь: в тростниках обитает ондатра. На Сантасе в прошлом были многочисленны степная гадюка и ящерица прыткая, по берегам встречаются ужи, полоз узорчатый, в озере и по впадающим в него рекам – болотная черепаха, ряд земноводных – озерная лягушка, зеленая жаба, чесночница и другие.

Озеро является важным рыбопромысловым водоемом, где в последние годы добывалось по 300-400 тонн рыбы (еще в недалеком прошлом 1966 г. – до 1090 тонн). Основными промысловыми видами являются лещ, сазан, судак, вобла, щука, окунь, карась.

На сегодняшний день, туризм, являясь главной формой активного отдыха, укрепления здоровья и рационального использования свободного времени и расширения кругозора, при условии грамотной организации, станет одним из доходных статей в экономике Западно-Казахстанской области путем максимального использования имеющихся в области туристских ресурсов. Для этого планируются разработать перспективные туристские маршруты, экскурсионные программы по историко-краеведческим объектам Бокейординского, Чингирлауского, Теректинского и других районов области. А также обустройство и освоение туристской зоны отдыха Шалкар, что будет способствовать увеличению потока отдыхающих, соответственно, расширения туристских услуг.

Природные условия Атырауской области очень разнообразны. Большая часть территории представляет низменную или возвышенную равнину, расположенную в полупустынной и пустынной зонах. Половину территории занимают солонцовые и солончаковые комплексы, а также барханные пески (Нарын, Тайсоган, Каракум). В области самый высокий показатель опустынивания среди всех западных регионов республики. Природные условия обусловили развитие в области мясошерстного скотоводства.

Природа Казахстана удивительно красива и величественна. Одно из таких мест на карте Казахстана – Северный Прикаспий. Когда-то динозавры жили на территории нынешней Атырауской области. Сто миллионов лет тому назад нынешний Каспий был огромным морем. Уровень воды был так высок, что Жайык впадал в него примерно в том месте, где стоит нынешний Уральск. В древности море не раз заливало всю Европу и соединялось с Северным Ледовитым океаном проливом.

Именно оттуда в Каспий пришли тюлени. Сейчас на месте пролива – Тургайская долина. Одно из самых интересных мест для изучения того периода на востоке области и объектом привлекательности для туристов является плато Актологай.

*Плато Актологай.* Неглубокое море часто меняло свои границы. Вода хорошо прогревалась и освещалась солнцем, а на дне развивалась бурная жизнь. Отсюда – известная атырауская нефть, ведь ее прародитель – та самая мезозойская органика. В июне 2004 года редакция журнала "World Discovery" организовала уникальную экспедицию на плато Актологай, где на сотни километров – ни души: одни солончаки, пустыни и стон ветра. Плато расположено в 320 км на восток от города Атырау.

Актологай – уникальная местность. Буквально под ногами рассыпаны палеонтологические памятники эпохи мезозоя – позвонки и кости динозавров, окаменелые жуки, моллюски, чешуя огромных неизвестных рыб, зубы акул, обитавших здесь миллионы лет назад. В меловой период эта местность была дном мелководного моря, но иногда, с периодичностью в тысячу лет, море отступало, и обнажались участки суши, которые со временем покрывались растительностью. Здесь можно встретить окаменевшие деревья. Мир мелового моря очень богат. Каждый, попавший сюда, начинает ощущать окружающее не просто глазами или сознанием, а всем своим существом окунается в белоснежную сказку.

*Тамшалы* – удивительный оазис пустыни. Примерно в 30 километрах от Форт-Шевченко, если ехать вдоль моря по направлению к поселку Таучик, в каньоне, который огромной трещиной тянется в глубь полуострова, находится источник Тамшалы. Добраться к источнику можно, шагая по каньону или двигаясь вдоль обрыва параллельно его отвесным стенам, состоящим из разноцветных слоев скалистой породы. Краски выгорели на солнце, потеряли свою яркость. И неожиданно для всех впереди открывается большое зеленое пятно [6].

Подойдя к одиноко стоящему дереву, можно заметить два искусственно созданных крохотных водоема, заросли камыша и мяты. В гроте полумрак, пышная растительность. Из скал выступают капли воды. Они как слезы падают вниз. Сотни сверкающих прозрачных стеклянных струй, словно серебряный занавес сказочного театра, звенят, издавая неповторимые звуки, сливающиеся в завораживающую мелодию.

На восточной окраине Атырауской области бескрайние степные просторы наконец-то обретают края, и идеально ровная линия горизонта сменяется остроконечными пиками причудливых меловых скал.

Когда-то здесь было дно мирового океана. Акулы зубы, останки динозавров, отпечатки на камнях невиданных растений и неизвестной живности - все это до сих пор можно найти на *Меловом плато*.

Яркие, неповторимой красоты плато Аккергешин и Актологай были сформированы в юрский период, когда по земле бродили динозавры. Фантастический ландшафт этих мест завораживает. Белые скалы настолько сильно эмоционально воздействуют на людей, что раз побывавшему вновь и вновь хочется окунуться в пьянящую атмосферу природного очарования.

Меловые горы встречаются в разных регионах Земли. Есть у нас, в Казахстане, эти удивительные свидетели древней истории планеты.

Западный Казахстан обладает огромными интереснейшими ресурсами для организации и проведения различных видов экскурсий, прогулок, путешествий и отдыха на данной территории нашего государства; регион богат живописными разнообразными и интереснейшими ландшафтами; туристско-рекреационный потенциал Западного Казахстана занимает важное место в туризме Казахстана в целом.

### Литература

1. *Бейсенова А.С.* Современное состояние развития туризма в Казахстане. – Алматы, 2000. – 150 с.
2. *Саипов А.А.* Теория и практика туризма Казахстана. – Алматы, 1999. – 200 с.
3. *Сарсенов Б.Б., Лежников П.С., Мамин А.Н.* Туристская карта озера Шалкар (Западно-Казахстанская область).
4. *Буренков В.М.* Мангышлак. – Алма-Ата: Кайнар, 1984. – 176 с.
5. *Корина Л.* Западно-Казахстанская область // Казахстанская правда: Общенациональная ежедневная газета Республики Казахстан. – Публикация № 21 9075 N 179. – 13.08.2004.
6. *Афанасьев В.* По тропам Шелкового пути: Культурное наследие // Прикаспийская коммуна: Газета. – 24.06.2004.



УДК [639.27.053.2:594.133](265.54.04)"2010/2015"

**Л.С. Афейчук**

*Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,  
Владивосток, 690091  
e-mail: larisa.afeychuk@tinro-center.ru*

### **ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ АНАДАРЫ БРОУТОНА (*ANADARA BROUGHTONII*) В СКОПЛЕНИИ АМУРСКОГО ЗАЛИВА (ЯПОНСКОЕ МОРЕ) И ВЕДЕНИЕ ПРОМЫСЛА**

Приведены данные о распределении ресурсов анадары по глубинам в промысловом скоплении кутовой части Амурского залива. Дана межгодовая динамика размерного состава моллюсков, промысловых характеристик и ресурсных параметров скопления в период 2010–2015 гг.

**Ключевые слова:** *Anadara broughtonii*, промысел, скопления, Амурский залив, распределение, плотность, биомасса, улов, размерный состав, ресурсы.

**L.S. Afeychuk**

*Pacific Scientific Research Fisheries Center (TINRO-Center),  
Vladivostok, 690091  
e-mail: larisa.afeychuk@tinro-center.ru*

### **DISTRIBUTION PATTERNS FOR *ANADARA BROUGHTONII* IN THE STOCK OF THE AMUR BAY (JAPAN SEA) AND ITS FISHERY**

Bathymetric distribution of *Anadara broughtonii* is considered for its commercial stock in the top of the Amur Bay (Peter the Great Bay, northwestern Japan Sea). Year-to-year dynamics of its size composition and commercial value is presented for 2010–2015.

**Key words:** *Anadara broughtonii*, fishery, commercial stock, Amur Bay, bathymetric distribution, density, biomass, catch, size composition, marine biological resources.

Двустворчатый зарывающийся моллюск анадара Броутона (*Anadara broughtonii*, Schrenck, 1867) – ценный промысловый вид. Употребление в пищу продуктов из анадары положительно влияет на состояние здоровья человека. Моллюск содержит белки, витамины, полисахариды, биологически активные соединения, антиоксиданты, хорошо сбалансированный комплекс минералов, в том числе селен и йод, практически не содержит жира. В Приморье анадара является экспортным объектом.

Северная граница ареала вида проходит по заливу Петра Великого, где находится первое по величине промысловое скопление анадары в Приморье, оно расположено в кутовой части Амурского залива на площади не более 130 км<sup>2</sup>. Второе промысловое скопление анадары находится в кутовой части Уссурийского залива занимает площадь менее 40 км<sup>2</sup>.

Дражный лов анадары в кутовой части Амурского залива начали в 2000 г. в режиме контрольного лова. В 2001 г. было введено промышленное освоение ресурсов данного вида. С 2004 по 2010 г. в связи с введением запрета промысла анадары в кутовой части Уссурийского залива добычу вели исключительно на акватории Амурского залива. В 2010 г. запрет промысла был снят и лов стали осуществлять как в Уссурийском, так и в Амурском заливе.



*Дражный лов анадары в кутовой части  
Амурского залива*

Условиям обитания, ресурсам, распределению моллюсков в скоплении, его состоянию, промысловому использованию и влиянию промысла был посвящен ряд работ [1–6].

Целью настоящей работы является выявление особенностей распределения ресурсов анадары в скоплении кутовой части Амурского залива в период с 2010 по 2015 гг. и ведение промысла.

Научно-исследовательские работы в скоплении анадары кутовой части Амурского залива были проведены дражным способом в летне-осенние периоды 2010–2015 гг. Ежегодно в процессе мониторинга на исследуемой акватории выполняли от 100 до 236 контрольных драгирований в диапазоне глубин от 2,5 до 12 метров на общей площади от 100 до 156 км<sup>2</sup> и промеряли от 3300 до 5450 особей анадары.

Полученные данные обрабатывали с помощью методов математической оценки результатов наблюдений [7, 8] пакетов программ STATISTICA 5.5 [9], Excel 2003, MapInfo Professional 7.0. Расчет численности и биомассы скоплений производили методом полигонов (Диаграммы Вороного) [10].

В скоплении анадары кутовой части Амурского залива ежегодно наблюдается типичная картина распределения моллюсков, которая носит мозаичный характер (рис. 1).

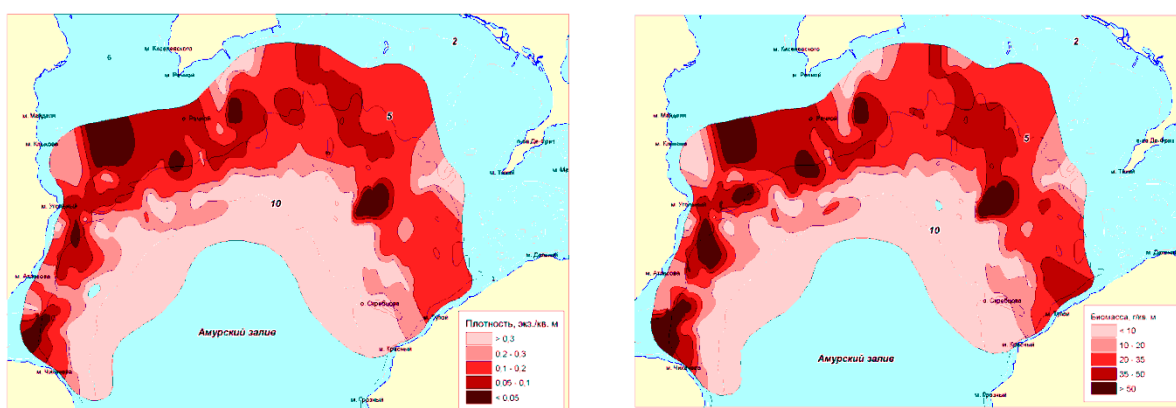


Рис. 1. Распределение анадары в скоплении кутовой части Амурского залива в 2015 г. (при коэффициенте уловистости драги (КУ) = 1)

Моллюски с более высокой концентрацией в заливе отмечены на глубинах от 2 до 7 м в районах от мыса Чихачева до м. Атласова, от м. Угольный до участка акватории, расположенного к юго-западу от м. Тихий полуострова Де-Фриз. Скопление анадары ограничено глубинами около 10–12 м. Глубже 12 м изобаты концентрация моллюсков становится минимальной. Согласно исследованиям предыдущих лет на глубине более 15 м анадара не встречается.

Тенденция снижения удельной биомассы, уловов и увеличения средних размеров анадары с повышением глубины сохраняется из года в год (рис. 2–4). Более мелкие моллюски предпочитают районы мелководий, а более крупные – глубокие места.

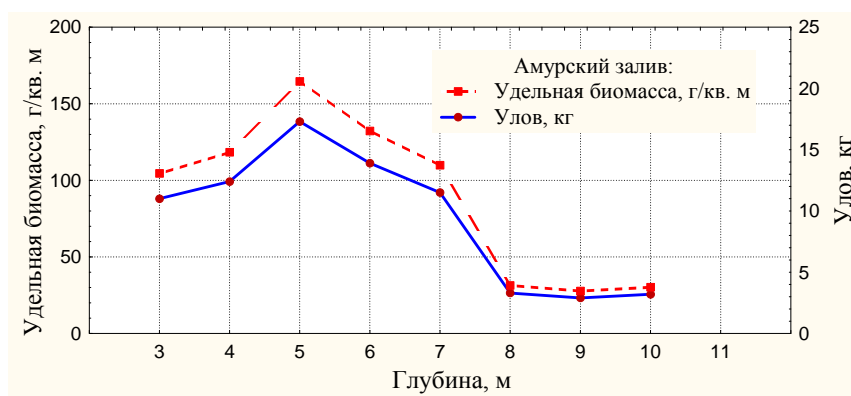


Рис. 2. Распределение удельной биомассы особей анадары и уловов на контрольное драгирование длиной 200 м по глубинам в скоплении кутовой части Амурского залива (2015 г.)

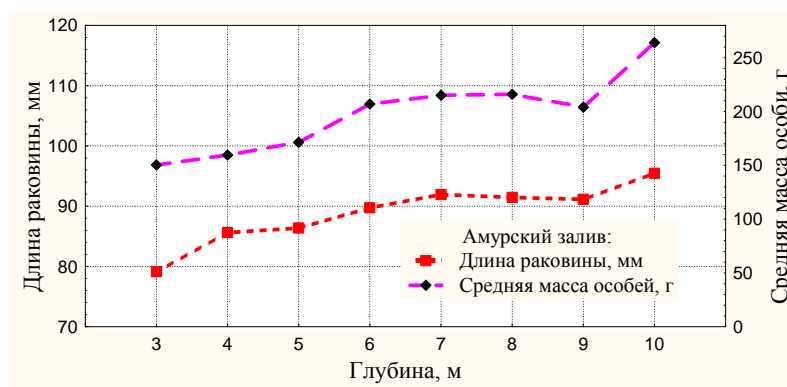


Рис. 3. Распределение длины раковины и средней массы особей по глубинам в скоплении кутовой части Амурского залива (2015 г.)

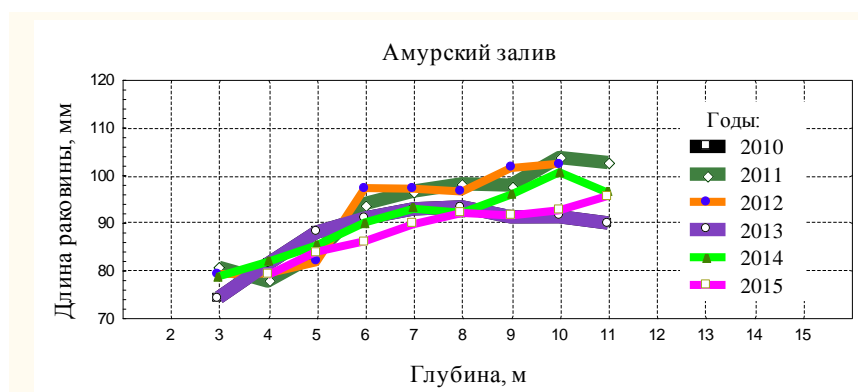


Рис. 4. Распределение длины раковины по глубинам в скоплении кутовой части Амурского залива (2010–2015 гг.)

Характер размерного состава скоплений анадары является типичным для пространственных группировок животных с изменяющейся во времени численностью. Подобная размерная структура отмечена и для ряда локальных поселений разных видов из прибрежных вод южного Приморья. В связи с селективностью драги, ячея кутца которой не превышает 30 мм и тем, что моллюск обитает на мелководье, мелкие моллюски в большинстве своем не попадают в основную выборку и не учитываются в размерном составе уловов.

Размерный состав поселения анадары кутовой части Амурского залива на протяжении ряда лет изменялся незначительно (табл. 1, рис. 5). Отмечено ежегодное снижение среднего размера особей в скоплении в исследуемый период, что в целом указывает на тенденцию некоторого «омоложения» скопления.

Таблица 1

Статистические характеристики длины раковин анадары из скопления кутовой части Амурского залива (2010–2015 гг.)

Годы	Объем выборки, экз.	Среднее значение, мм	Минимум, мм	Максимум, мм	Медиана, мм	Мода, мм	Стандартное отклонение, мм
2010	3668	94,74	29	135	96	102	15,66
2011	4322	91,07	26	134	92	98	16,78
2012	3323	88,32	30	132	87	78	16,97
2013	4690	89,79	35	138	88	80	15,79
2014	5447	88,55	35	132	90	78	14,98
2015	5468	87,90	33	137	86	82	13,80

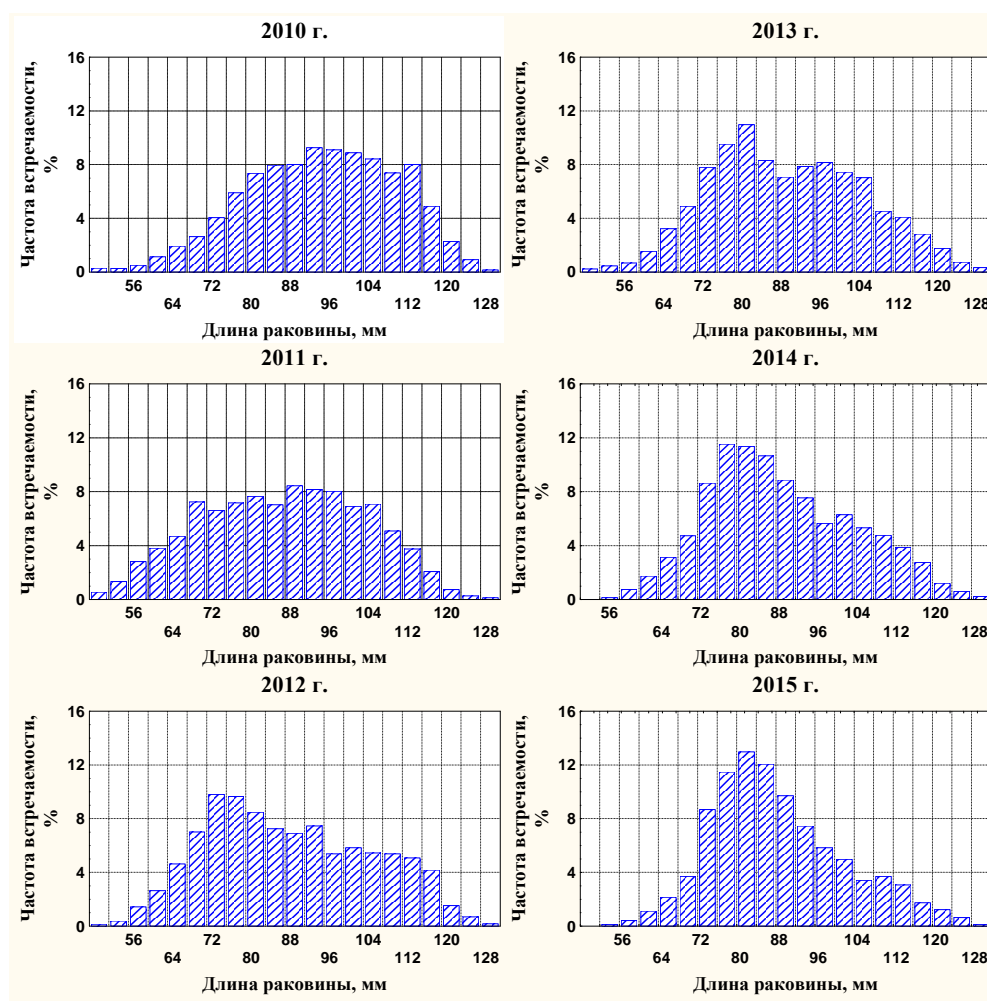


Рис. 5. Размерная структура скопления анадары ктовой части Амурского залива (2010–2015 гг.)

Из промысловой части скопления требованиям экспорта отвечают не все особи, а моллюски длиной раковины в диапазоне от 80 до 96 мм (эксплуатируемая часть скопления). В период с 2010 по 2012 гг. в размерной структуре отмечалось снижение доли промысловых моллюсков (с 83% до 72%) и в меньшей степени снижение доли моллюсков из эксплуатируемой части скопления (с 36% до 31%) (рис. 6). В период 2013–2015 гг. в динамике промысловых характеристик наблюдались незначительные колебания. Промысловая часть скопления в среднем составляла около 70% от общего числа особей. Эксплуатируемая часть скопления в этот период имела тенденцию увеличения (с 36% до 42%).

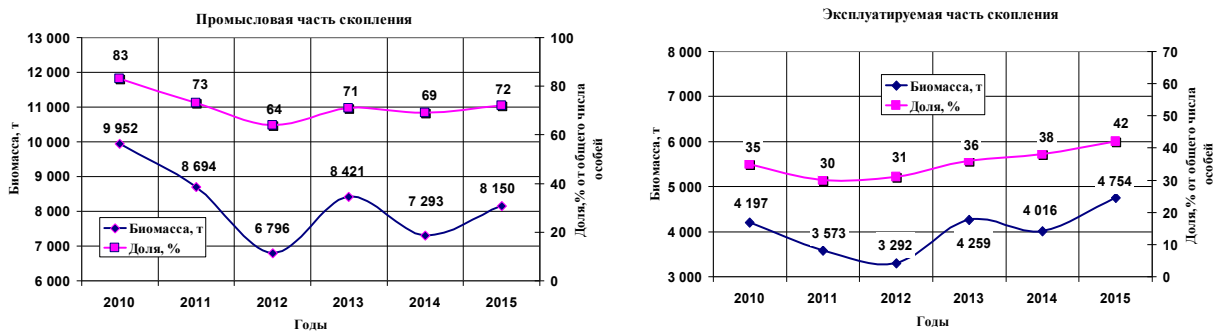


Рис. 6. Динамика промысловых характеристик скопления анадары ктовой части Амурского залива (2010–2015 гг.)

Общий запас и численность моллюсков в скоплении не претерпели существенных изменений и варьируют в небольшом диапазоне величин, что находится в пределах статистической ошибки (табл. 2).

Таблица 2

Ресурсные параметры скопления анадары кутовой части Амурского залива

Год исследования	Исследованная площадь, га	Численность, тыс. экз.	Общий запас, т
2010	15 618	59 506	11 990
2011	10 396	58 679	11 909
2012	11 810	48 415	10 618
2013	10 722	61 458	11 798
2014	12 864	62 122	10 569
2015	12 864	61 267	11 320

Межгодовая динамика состояния скопления кутовой части Амурского залива характеризуется устойчивым балансом между пополнением особей непромыслового размера, изъятием в процессе промысла эксплуатируемой части скопления и естественной элиминацией крупных особей, что не приводит к подрыву запасов моллюсков в этом районе.

Мониторинговые работы, проведенные в период 2010–2015 гг. показали, что состояние скоплений анадары относительно стабильное.

Промысел анадары в Амурском заливе ведут на протяжении 15 лет в пределах продуктивной акватории (районе лова) площадью около 100 км<sup>2</sup> на глубинах от 5 до 7 м, где сосредоточено около 80% запаса моллюсков (рис. 7).

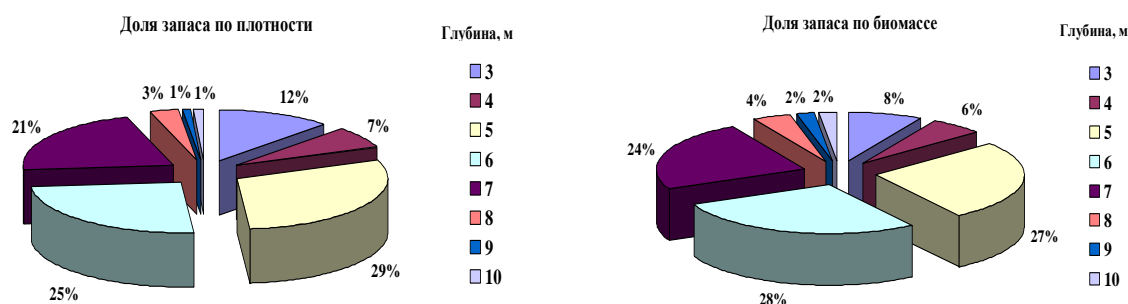


Рис. 7. Распределение запасов анадары по глубинам в скоплении кутовой части Амурского залива (2015 гг.)

Данная акватория превышает более чем в 6 раз площадь района лова в скоплении кутовой части Уссурийского залива, где она составляет менее 15 км<sup>2</sup>. В связи с этим, скопление кутовой части Амурского залива без ощутимых изменений состояния может воспринимать значительно большую промысловую нагрузку, чем скопление кутовой части Уссурийского залива.

Наряду с этим следует подчеркнуть, что в условиях обитания популяции анадары у северной границы ареала происходит нерегулярное пополнение численности и прослеживается низкий темп роста особей. Поэтому при эксплуатации промыслом скопления анадары кутовой части Амурского залива, необходимо проводить ежегодный мониторинг его состояния с учетом особенностей распределения ресурсов моллюска, что дает возможность оценить динамику происходящих изменений и запасы этого ценного вида.

### Литература

1 Седова Л.Г., Калинина М.В., Соколенко Д.А., Рачков В.И. Ресурсы и условия обитания анадары *Anadara broughtonii* в северной части Амурского залива (Японское море) // Океанология, 2012. – Т. 52, № 4. – С. 520–527.

2 Афейчук Л.С. Распределение и ресурсы анадары в Амурском заливе (Японское море) // Тезисы докладов X съезда Гидробиологического общества при РАН. ИБМ, 28 сентября – 2 октября 2009 г. – Владивосток: Дальнаука. – С. 22.

- 3 *Афейчук Л.С.* Состояние скоплений анадары Броутона (*Anadara broughtonii*, Schrenk, 1867) в Амурском заливе // Материалы II Междунар. науч.-техн. конф. «Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана» (Владивосток, 22–24 мая 2012 г.). – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2012. – С. 40–44.
- 4 *Афейчук Л.С.* Влияние промысла на состояние скоплений анадары в заливе Петра Великого (Японское море) // Материалы регион. науч.-практ. конф. «Экологические проблемы Дальнего Востока». – Хабаровск, 2007. – С. 5.
- 5 *Афейчук Л.С.* Состояние ресурсов промысловых скоплений анадары Броутона в заливе Петра Великого // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: Материалы V Всерос. науч.-практ. конф. (25–27 марта 2014 г.). – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2014. – Ч. II. – С. 12–17.
- 6 *Афейчук Л.С.* Современное состояние и промысловое использование скоплений анадары Броутона в заливе Петра Великого // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: Материалы VI Всерос. науч.практ. конф. (24–26 марта 2015 г.). – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2015. – Ч. I. – С. 21–26.
- 7 Методы изучения двустворчатых моллюсков. – Л: ЗИН АН СССР, 1990 – Т. 219. – 208 с.
- 8 *Аксютина З.М.* Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях. – М.: Пищ. пром., 1968. – 283 с.
- 9 *Боровиков В.П., Боровиков И.П.* STATISTICA – Статистический анализ и обработка данных в среде Windows. – М.: Информационно-издательский дом «Филинь», 1997. – 608 с.
- 10 *Борисовец Е.Э., Вдовин А.Н., Панченко В.В.* Оценки запасов керчаков по данным учетных траловых съемок залива Петра Великого // Вопросы рыболовства – 2003. – Т. 4, № 1 (13) – С. 157–170.



УДК [639.27.053.2:594.133](265.54.04)"2010/2015"

**Л.С. Афейчук**

*Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,  
Владивосток, 690091  
e-mail: larisa.afeychuk@tinro-center.ru*

**ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ  
АНАДАРЫ БРОУТОНА (*ANADARA BROUGHTONII*)  
В СКОПЛЕНИИ УССУРИЙСКОГО ЗАЛИВА (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)  
И ВЕДЕНИЕ ПРОМЫСЛА**

Приведены данные о распределении ресурсов анадары по глубинам в промысловом скоплении кутовой части Уссурийского залива. Дана межгодовая динамика размерного состава моллюсков, промысловых характеристик и ресурсных параметров скопления в период 2010–2015 гг.

**Ключевые слова:** *Anadara broughtonii*, промысел, скопления, Уссурийский залив, распределение, плотность, биомасса, улов, размерный состав, ресурсы.

**L.S. Afeychuk**

*Pacific Scientific Research Fisheries Center (TINRO-Center),  
Vladivostok, 690091  
e-mail: larisa.afeychuk@tinro-center.ru*

**DISTRIBUTION PATTERNS FOR *ANADARA BROUGHTONII*  
IN THE STOCK OF THE USSURI BAY (JAPAN SEA)  
AND ITS FISHERY**

Bathymetric distribution of *Anadara broughtonii* is considered for its commercial stock in the top of the Ussuri Bay (Peter the Great Bay, northwestern Japan Sea). Year-to-year dynamics of its size composition and commercial value is presented for 2010-2015.

**Key words:** *Anadara broughtonii*, fishery, commercial stock, Ussuri Bay, bathymetric distribution, density, biomass, catch, size composition, marine biological resources.

Анадара Броутона (*Anadara broughtonii*, Schrenck, 1867) – двустворчатый зарывающийся моллюск, является ценным промысловым видом благодаря входящим в состав мягких тканей гидробионта белкам, витаминам, полисахаридам и веществам, обладающим лечебно-профилактическим эффектом.

Северная граница ареала вида проходит в Приморье по заливу Петра Великого, где промысловое значение имеют два скопления анадары, одно из которых находится в кутовой части Уссурийского залива. Основная часть выловленных моллюсков идет на экспорт.

Дражный лов моллюска в кутовой части Уссурийского залива начали в 1994 г. на продуктивной акватории площадью более 10 км<sup>2</sup>. В 2001 г. было введено промышленное освоение ресурсов этого вида, сопровождающиеся ежегодным увеличением квоты вылова, в связи с чем, резко возрос пресс промысла на скопление, что негативно отразилось на его состоянии. Начиная с 2004 по 2010 гг. действовал промысловый запрет. В 2010 г. промысел анадары в кутовой части Уссурийского залива был возобновлен. Состоянию скопления и влиянию на него промысла был посвящен ряд работ [1–4].



*Анадара Броутона (*Anadara broughtonii*, Schrenck, 1867)*

Целью настоящей работы является выявление особенностей распределения ресурсов анадары в скоплении кутовой части Уссурийского залива в период с 2010 по 2015 гг. и ведение промысла.

Научно-исследовательские работы в скоплении анадары кутовой части Уссурийского залива были проведены дражным способом в летне-осенние периоды 2010–2015 гг. Ежегодно в процессе учетных съемок на исследуемой акватории выполняли от 70 до 145 контрольных драгирований в диапазоне глубин от 2,5 до 12 метров на общей площади, не превышающей 40 км<sup>2</sup>, и промеряли от 1280 до 2800 особей анадары.

Полученные данные обрабатывали с помощью методов математической оценки результатов наблюдений [5] пакетов программ STATISTICA 5.5 [6], Excel 2003, MapInfo Professional 7.0. Расчет численности и биомассы скоплений производили методом полигонов (Диаграммы Вороного) [7].

Многолетние исследования показали, что скопление анадары кутовой части Уссурийского залива неоднородно. Скопление распространяется от границы залегания пелитовых и мелкоалевритовых илов на глубинах от 2,5 м до глубин около 12 м (рис. 1). Зоны с повышенной концентрацией моллюсков перемежаются с более разреженными участками, что откладывает отпечаток на особенности добычи данного объекта.

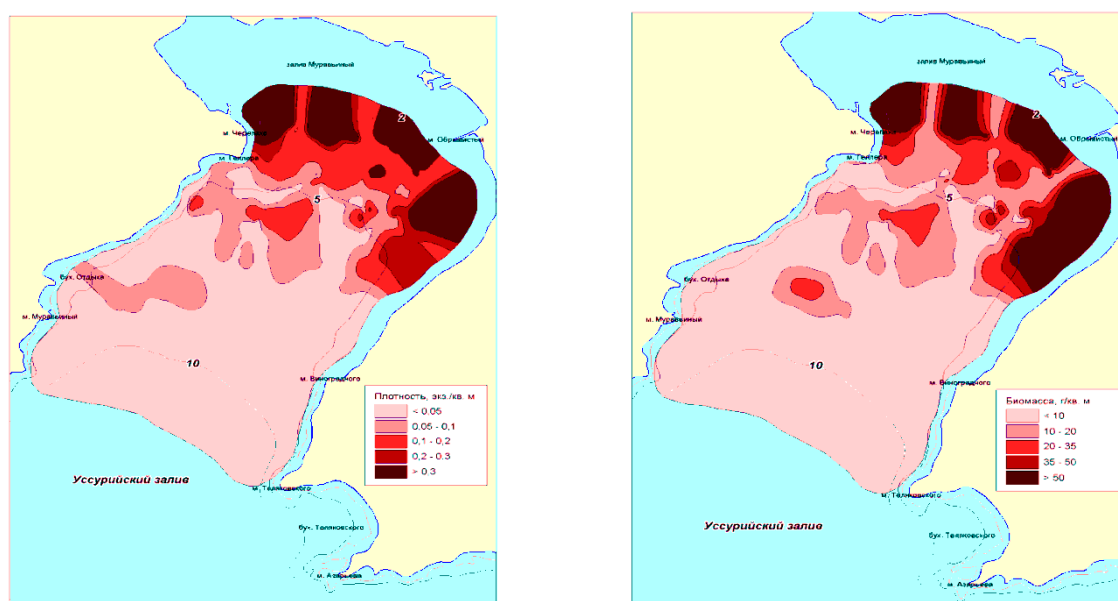


Рис. 1. Распределение анадары в кутовой части Уссурийского залива в 2015 г. (при коэффициенте уловистости драги (КУ) = 1)

Отмечено, что с увеличением глубины удельная биомасса и плотность уменьшаются, уловы также сокращаются и доходят практически до нуля на глубинах более 11 м (рис. 1, 2). При этом длина раковины и средняя масса особей в скоплении возрастают с увеличением глубины, такое явление прослеживается в межгодовой динамике (рис. 3, 4).

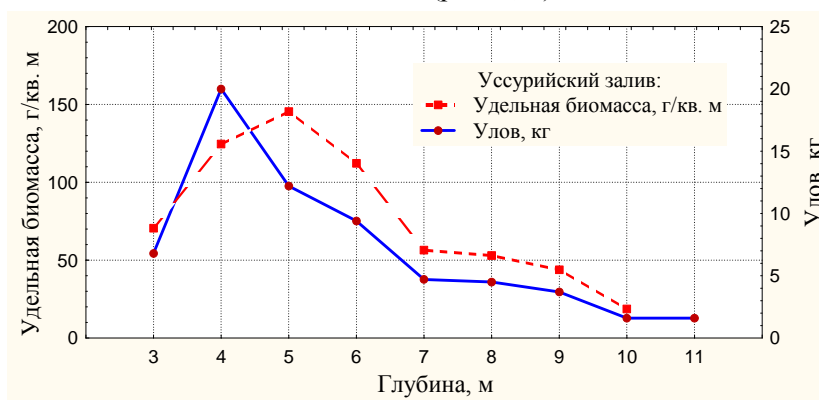


Рис. 2. Распределение удельной биомассы особей анадары и уловов на контрольное драгирование длиной 200 м по глубинам в скоплении кутовой части Уссурийского залива (2015 г.)



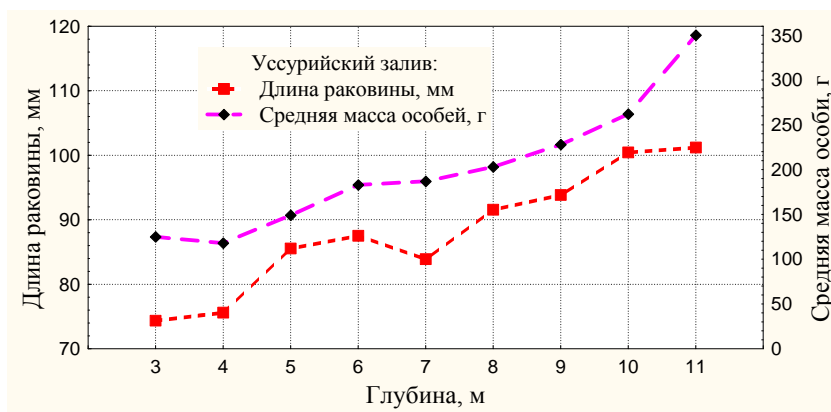


Рис. 3. Распределение длины раковины и средней массы особей по глубинам в скоплении кутовой части Уссурийского залива (2015 г.)

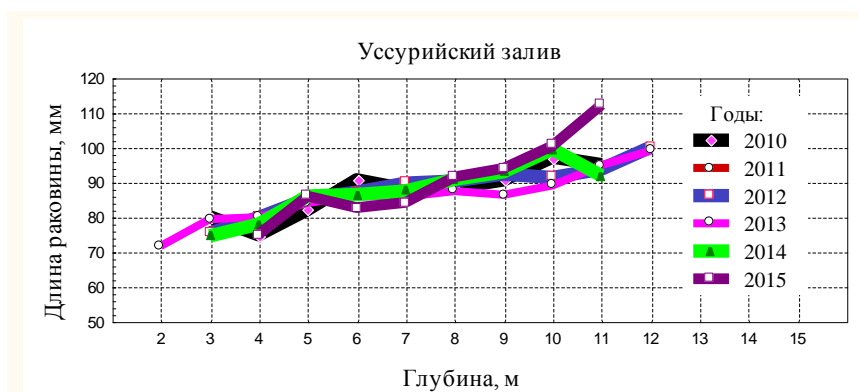


Рис. 4. Распределение длины раковины по глубинам в скоплении кутовой части Уссурийского залива (2010–2015 гг.)

Основным линейным параметром особей анадары, имеющим промысловое значение, является длина раковины, промысловый размер которой в соответствии с Правилами рыболовства для Дальневосточного бассейна принят не менее 80 мм.

Статистические характеристики длины раковины из скопления кутовой части Уссурийского залива и размерный состав, представлены в таблице 1 и на рисунке 5.

Таблица 1

Статистические характеристики длины раковин анадары из скопления кутовой части Уссурийского залива (2010–2015 гг.)

Годы	Объем выборки, экз.	Среднее значение, мм	Минимум, мм	Максимум, мм	Медиана, мм	Мода, мм	Стандартное отклонение, мм
2010	1 535	84,16	50	121	83	82	11,26
2011	2 638	81,00	50	121	80	78	11,31
2012	1 930	84,68	51	118	84	88	10,88
2013	2 542	83,92	53	128	82	82	11,07
2014	2 820	83,95	53	124	83	78	12,09
2015	1 281	83,26	28	126	80	78	12,31

Для гистограмм частотного распределения характерно нарастание от нулевого значения до максимальной величины встречаемости размерных показателей раковины и последующим снижением частот встречаемости до нуля. Молодые моллюски сосредоточены на малых глубинах и не попадают в основную выборку, по мере роста они перемещаются на большие глубины и становятся доступными для дражного лова. Снижение частот встречаемости размерных показателей раковины после достигнутого максимума обусловлено прогрессирующей элиминацией моллюсков, когда по мере увеличения размеров особей их количество в скоплении уменьшается. Идеальным случаем симметричного распределения является «нормальное» распределение Гаус-

са-Лапласа, когда совпадают по абсолютной величине среднее арифметическое значение, медиана, мода, что указывает на то, что в скоплении пополнение численности и смертность особей сбалансированы. На практике такого явления не наблюдается.

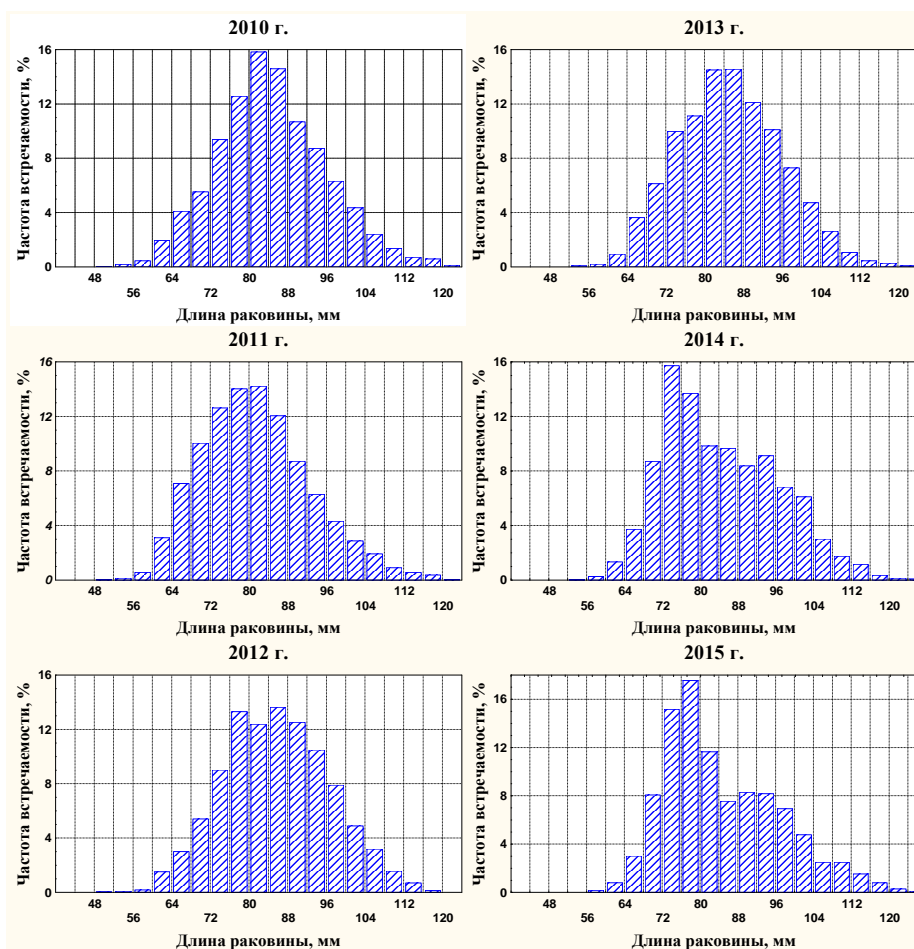


Рис. 5. Размерная структура скопления анадары кутовой части Уссурийского залива (2010–2015 гг.)

Нерациональная эксплуатация ресурсов, связанная с переловом определенных размерных групп, пользующихся повышенным коммерческим спросом, может отразиться на размерной структуре скоплений и привести к усилению асимметрии на гистограммах частот встречаемости длины раковин. Такое явление было характерно для скопления кутовой части Уссурийского залива в период наблюдения последствий воздействия интенсивной антропогенной нагрузки, когда в совокупности проявилось влияние естественной смертности и пресса лова (2002, 2003 гг.), что привело к запрету промысла в этом районе в 2004 г.

Следует отметить, что не каждый год является благоприятным для пополнения скоплений молодью анадары. Периодические флуктуации обилия молодежи характерны для пространственных группировок животных на периферии их видového ареала. В период с 2010 по 2013 гг. размерный состав скопления был относительно сбалансирован (рис. 5).

Основной пресс лова в скоплении анадары приходится на особей длиной раковины от 80 до 96 мм (вылавливаемая или эксплуатируемая часть скопления), они пользуются наибольшим спросом на международном рынке. Моллюсков более крупного размера в основном возвращают в среду обитания, реже направляют на внутренний рынок.

Общий, промысловый запасы, также как эксплуатируемая часть скопления и численность моллюсков с 2010 г. по 2012 г. сократились, в этот период прослеживается влияние возобновленного промысла. Ресурсные параметры промысловых скоплений в период 2010-2015 гг. представлены в таблице 2.

Ресурсные параметры скопления анадары кутовой части Уссурийского залива

Год исследования	Исследованная площадь, га	Численность, тыс. экз.	Общий запас, т
2010	3 978	23 127	3 469
2011	3 068	19 782	2 859
2012	3 301	12 836	2 120
2013	2 887	14 951	2 438
2014	2 944	16 703	2 795
2015	3 242	16 893	2 616

В 2014 и 2015 гг. отмечено снижение доли промысловых особей и особей из эксплуатируемой части скопления (рис. 5, 6).

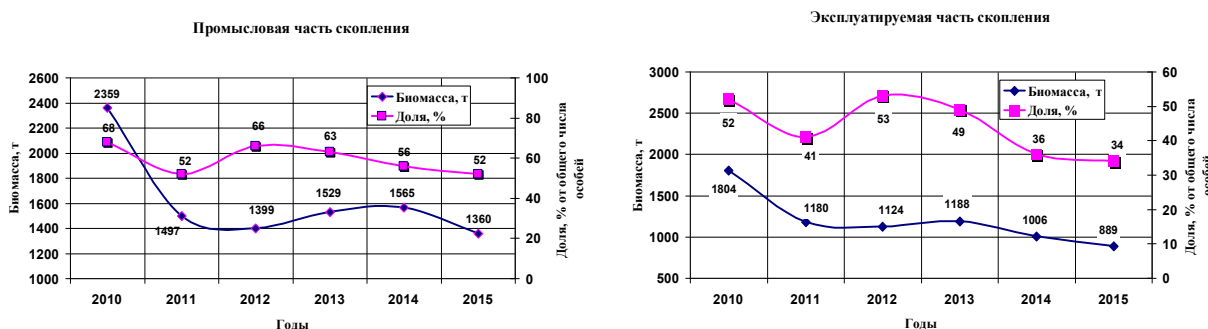


Рис. 6. Динамика промысловых характеристик скопления анадары из кутовой части Уссурийского залива (2010–2015 гг.)

Такое явление связано с воздействием промысла, в результате которого выбирают особей в основном из эксплуатируемой части скопления. Вместе с тем, общий запас остается на относительно стабильном уровне и численность моллюсков не сократилась, что обусловлено увеличением доли особей, не достигших промыслового размера, пополнением скопления молодь в связи с благоприятными экологическими условиями для размножения анадары, выживания и роста моллюсков в эти годы.

Немаловажно, что около 80% запасов анадары в скоплении приходится на глубины от 4 до 6 м (рис. 7), они сосредоточены на площади акватории кутовой части Уссурийского залива около 10 км<sup>2</sup>, кроме того, здесь обитают моллюски, удовлетворяющие требованиям экспорта по качеству и своим размерным характеристикам. Соответственно, промысел моллюска последние 6 лет происходил на данной малой по площади акватории.

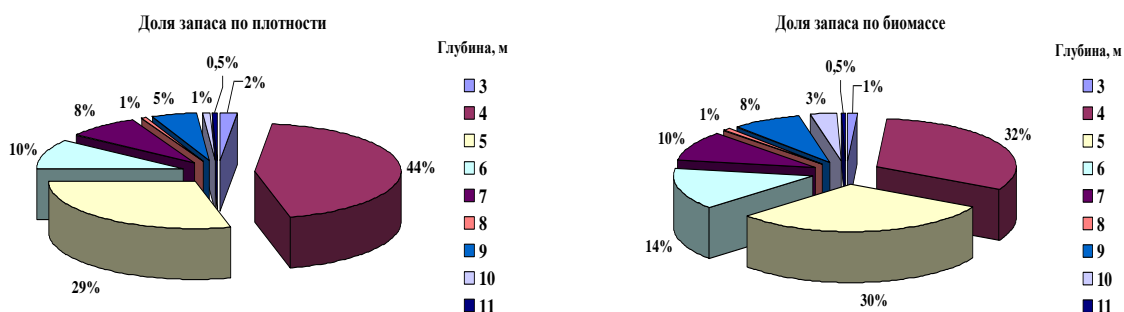


Рис. 7. Распределение запасов анадары по глубинам в скоплении кутовой части Уссурийского залива (2015 гг.)

Следует учитывать особенности распределения ресурсов анадары в скоплении и тот факт, что моллюски, обитающие на краю ареала, чувствительны к воздействию промысла. В связи с чем, в целях рационального освоения ресурсов данного вида необходимо вести мониторинг состояния скопления кутовой части Уссурийского залива и оценивать динамику происходящих в нем изменений, что дает возможность вовремя нивелировать негативные тенденции и регулировать промысловую нагрузку.

### Литература

1. *Афейчук Л.С.* Состояние скоплений анадары Броутона (*Anadara broughtonii*, Schrenk, 1867) в Уссурийском заливе // Материалы II Междунар. науч.-техн. конф. «Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана» (Владивосток, 22–24 мая 2012 г.). – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2012. – С. 45–49.
2. *Седова Л.Г., Калинина М.В., Соколенко Д.А.*, Влияние запрета промысла на состояние поселения анадары в Уссурийском заливе (залив Петра Великого, Японское море). Известия ТИНРО. – Владивосток, 2009. – Т. 159. – С. 101–109.
3. *Афейчук Л.С.* Состояние ресурсов промысловых скоплений анадары Броутона в заливе Петра Великого // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: Материалы V Всерос. науч.-практ. конф. (25-27 марта 2014 г.). – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2014. – Ч. II. – С. 12–17.
4. *Афейчук Л.С.* Современное состояние и промысловое использование скоплений анадары Броутона в заливе Петра Великого // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: Материалы VI Всерос. науч.-практ. конф. (24-26 марта 2015 г.). – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2015. – Ч. I. – С. 21–26.
5. Методы изучения двустворчатых моллюсков. – Л: ЗИН АН СССР, 1990 – Т. 219. – 208 с.
6. *Боровиков В.П., Боровиков И.П.* STATISTICA – Статистический анализ и обработка данных в среде Windows. – М.: Информационно-издательский дом «Филинь», 1997. – 608 с.
7. *Борисовец Е.Э., Вдовин А.Н., Панченко В.В.* Оценки запасов керчаков по данным учетных траловых съемок залива Петра Великого // Вопросы рыболовства. – 2003. – Т. 4, № 1 (13). – С. 157–170.

УДК 553.08:66.047.3

**О.А. Белавина, В.А. Швецов**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: oni@kamchatgtu.ru*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ КЮВЕТЫ НА СКОРОСТЬ ПРОЦЕССА СУШКИ ПРОБ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ**

В статье исследовано влияние геометрической формы кюветы на скорость процесса сушки проб минерального сырья. Показано, что проба высушивается быстрее и качественнее в кювете цилиндрической формы, при этом площадь нагреваемой поверхности должна быть максимальной.

**Ключевые слова:** кювета, сушка проб в микроволновой печи, пробы минерального сырья.

**O.A. Belavina, V.A. Shvetsov**

*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: oni@kamchatgtu.ru*

## **RESEARCHING THE INFLUENCE OF CELL GEOMETRY ON DRYING SPEED OF MINERAL MATERIAL SAMPLES**

The article deals with the influence of cell geometry on drying speed of mineral material samples. The article demonstrates faster and more qualitative drying in cylinder-shaped cell, at that the area of heated surface must be maximum.

**Key words:** cell, drying samples in microwave oven, samples of mineral material.

### **Введение**

Совершенствование процесса сушки проб минерального сырья является актуальной задачей [1–4]. Одним из перспективных методов является сушка проб в микроволновой печи [4–6]. В работе [5] предлагается лабораторная установка для сушки проб с помощью СВЧ-излучения, при этом пробу помещают в стеклянную кювету, предназначенную для использования в микроволновой печи. Однако стоимость таких кювет (400÷2000 руб.) высока [7], а срок эксплуатации непродолжителен. Поэтому представляет практический интерес использование более дешёвых [7] пластиковых и керамических кювет. Следует отметить, что практический интерес представляет использование в качестве кювет для сушки бытовой посуды. Для обоснования выбора геометрической формы кюветы для сушки проб минерального сырья, необходимо провести соответствующие исследования.

Цель настоящей работы: исследовать влияние геометрической формы кюветы на скорость процесса сушки проб минерального сырья.

### **Методика проведения экспериментов**

Материал проб массой примерно 550–600 г взвешивали на весах лабораторных ВЛТК-500г-М, высушивали до постоянной массы (масса считается постоянной, если разность результатов двух последующих взвешиваний не превышает 0,05% от массы пробы [8]). При достижении постоянной массы проб материал проб считали сухим. Из материала сухой пробы отбирали навеску массой 500 г. Затем в навеску добавляли воду в количестве 10% (от массы пробы). Выбор начальной влажности в количестве 10%, обусловлен тем, что большинство геологических проб минерального сырья, поступающих в аналитические лаборатории, имеет влажность не более 10% [1].

Кроме того начальная влажность проб в диапазоне реальных [1] значений от 5 до 10% незначительно влияет на скорость сушки [9]. Измерили с помощью ртутного термометра начальную температуру пробы (20°C). Далее пробы с установленной влажностью, помещали в контейнеры различной площади сечения цилиндрической и прямоугольной формы и сушили в микроволновой печи при номинальном уровне мощности СВЧ-излучения (800 Вт) в течение заданного времени. Пробу вынимали через определённые промежутки времени из печи, измеряли температуру материала пробы с помощью термопары ТХА и электроизмерительного прибора (мультиметра ДТ-832), охлаждали до 20°C и взвешивали (с точностью до десятых грамма) на весах лабораторных ВЛТК-500г-М. Затем определяли остаточную влажность пробы. Результаты экспериментов приведены в табл. 1–3 и на рис. 1.

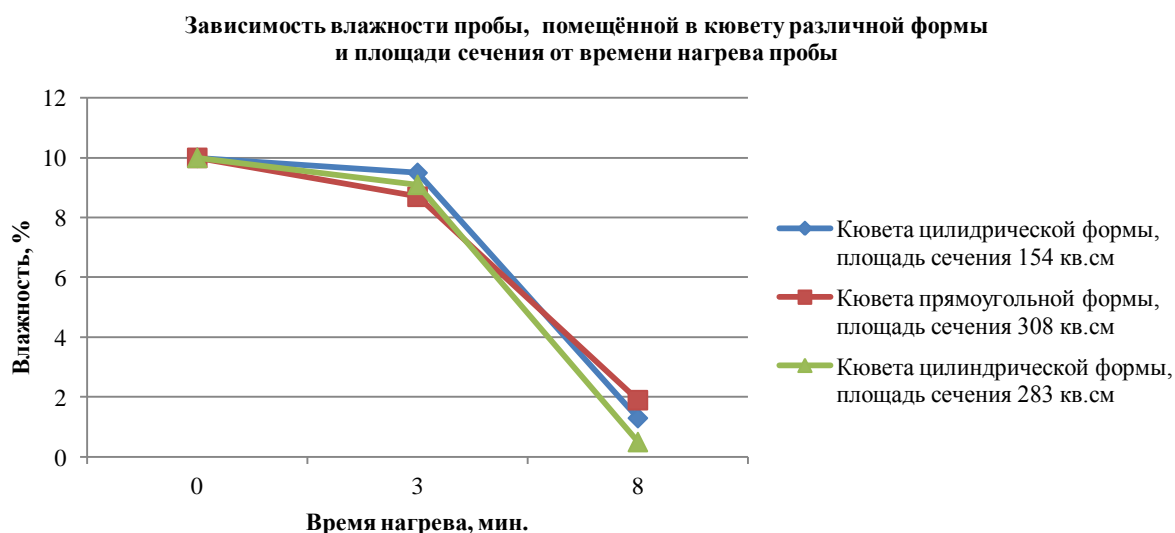
### Эксперименты и их обсуждение

**Эксперимент № 1.** Для проведения эксперимента использовали: высушенную пробу массой 500 г, воду в количестве 50 г (10% от массы пробы); кювету пластиковую (контейнер цилиндрической формы), массой 73 г. Площадь сечения кюветы 154 см<sup>2</sup>. Толщина слоя пробы 3,5 см. Пробу сушили по методике [4, 9–11] в микроволновой печи (мощность печи 800 Вт). Общее время нагрева пробы, установленное по методике [4, 9–11], составило 8 минут. Начальную температуру пробы измеряли с помощью ртутного термометра (18°C), конечную температуру материала проб (97°C) измеряли с помощью термопары ТХА и электроизмерительного прибора (мультиметра ДТ-832). После сушки и охлаждения до температуры 20°C измерили массу пробы с помощью весов лабораторных ВЛТК-500г-М. Результаты эксперимента приведены в табл. 1 и на рис. 1.

Таблица 1

Результаты эксперимента № 1

Время нагрева, (мин.)	Масса пробы, (г)	Влажность, (%)	Результат наблюдения
0	550,0	10,00	Проба однородная по гранулометрическому составу, тёмная
3	547,5	9,50	
5	506,5	1,30	Проба в центре светлая, по окружности кюветы тонкая тёмная полоса



Графики зависимостей влажности пробы, помещённой в кювету различной формы и площади сечения от времени нагрева пробы

**Эксперимент № 2.** Для проведения эксперимента использовали: высушенную пробу массой 500 г, воду в количестве 50 г (10% от массы пробы); кювету пластиковую (контейнер пря-

моугольной формы  $22 \times 14 \times 10$ ), массой 86 г. Площадь сечения кюветы  $308 \text{ см}^2$ . Толщина слоя пробы 2 см. Пробу сушили по методике [4, 9–11] в микроволновой печи (мощность печи 800 Вт). Общее время нагрева пробы, установленное по методике [4, 9–11], составило 8 минут. Начальную температуру пробы измеряли с помощью ртутного термометра ( $19^\circ\text{C}$ ), конечную температуру материала проб ( $99^\circ\text{C}$ ) измеряли с помощью термопары ТХА и электроизмерительного прибора (мультиметра ДТ-832). После сушки и охлаждения до температуры  $20^\circ\text{C}$  измерили массу пробы с помощью весов лабораторных ВЛТК-500г-М. Результаты эксперимента приведены в табл. 2 и на рисунке.

Таблица 2

Результаты эксперимента № 2

Время нагрева, (мин.)	Масса пробы, (г)	Влажность, (%)	Результат наблюдения
0	550,0	10,00	Проба однородная по гранулометрическому составу, тёмная
3	543,5	8,70	
5	509,5	1,90	Проба светлая, по периметру кюветы тонкая тёмная полоса, по углам проба тёмная

**Эксперимент № 3.** Для проведения эксперимента использовали: высушенную пробу массой 500 г, воду в количестве 50 г (10% от массы пробы); кювету пластиковую (контейнер цилиндрической формы), массой 81,5 г. Площадь сечения кюветы  $283 \text{ см}^2$ . Величина слоя пробы 2 см. Пробу сушили по методике [4, 9–11] в микроволновой печи (мощность печи 800 Вт). Общее время нагрева пробы, установленное по методике [4, 9–11], составило 8 минут. Начальную температуру пробы измеряли с помощью ртутного термометра ( $17^\circ\text{C}$ ), конечную температуру материала проб ( $102^\circ\text{C}$ ) измеряли с помощью термопары ТХА и электроизмерительного прибора (мультиметра ДТ-832). После сушки и охлаждения до температуры  $20^\circ\text{C}$  измерили массу пробы с помощью весов лабораторных ВЛТК-500г-М. Результаты эксперимента приведены в табл. 3 и на рисунке.

Таблица 3

Результаты эксперимента № 3

Время нагрева, мин.	Масса пробы, г	Влажность, %	Результат наблюдения
0	550,0	10,00	Проба однородная по гранулометрическому составу, тёмная
3	545,5	9,10	
5	502,5	0,50	Проба светлая, по окружности кюветы тонкая тёмная полоса

### Заключение

Из результатов экспериментов 1–3 следует, что применение кюветы цилиндрической формы обеспечивает большую скорость и высокое качество сушки.

### Литература

1. Альбов М.Н. Опробование месторождений полезных ископаемых. – М.: Недра, 1965. – 239 с.
2. Карпов Ю.А., Савостин А.П. Методы пробоотбора и пробоподготовки. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2003. – 243 с.
3. Швецов В.А. Химическое опробование золоторудных месторождений: Моногр. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2008. – 220 с.
4. Белавина О.А., Швецов В.А., Адельшина Н.В., Пахомова В.В., Пахомов В.А., Белозеров П.А. Исследование влияния влажности лабораторных проб кварцевой золотосодержащей руды на операцию тонкого измельчения проб // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2014. – Т. 80, № 4. – С. 73–75.
5. Руководство по эксплуатации лабораторной установки для определения влажности сыпучих материалов ВС-1. РЭ 00.205.000 – Асбест. – 2002. – 13 с.
6. Особенности микроволновой сушки [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ingredient.su/news/40> (дата обращения 16.05.12).

7. Посуда для СВЧ. Каталог [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.mrdom.ru/catalog/index.php?SECTION\\_ID=42460](http://www.mrdom.ru/catalog/index.php?SECTION_ID=42460) (дата обращения 17.06.2015).

8. ГОСТ 13170-80. Руды и концентраты цветных металлов. Метод определения влаги. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.gosthelp.ru/gost/gost23574.html> (дата обращения 23.03.2010).

9. *Белавина О.А., Швецов В.А., Шунькин Д.В., Адельшина Н.В., Белозёров П.А.* Исследование процесса сушки лабораторных проб кварцевых золотосодержащих руд в микроволновой печи // Вестник КамчатГТУ. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2013. – Вып. 23. – С. 9–13.

10. *Швецов В.А., Белавина О.А., Шунькин Д.В., Адельшина Н.В.* Способ сушки геологических проб золотосодержащих руд в микроволновой печи: Патент на изобретение № 2502060. Заявл. 26.04.2012 г. Заявка № 2012117470. Оpubл. 20.12.2013. Бюл. № 35.

11. *Белавина О.А., Швецов В.А., Адельшина Н.В., Пахомова В.В., Пахомов В.А.* Исследование зависимости продолжительности операции сушки геологических проб кварцевых золотосодержащих руд от начальной температуры материала пробы // Вестник КамчатГТУ. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2015. – Вып. 34. – С. 6–11.



УДК 553.08:66.047.3

**О.А. Белавина, В.А. Швецов**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: oni@kamchatgtu.ru*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СКОРОСТИ ПРОЦЕССА СУШКИ ПРОБЫ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ОТ МАТЕРИАЛА КЮВЕТЫ**

В статье исследована зависимость скорости процесса сушки пробы минерального сырья по методике, разработанной авторами, помещенного в дешевые кюветы из пластика и керамики. Показано, что материал кюветы незначительно влияет на скорость процесса сушки пробы, поэтому предпочтение следует отдавать более дешевым пластиковым кюветам, позволит снизить затраты на подготовку проб минерального сырья к анализу.

**Ключевые слова:** кювета, сушка проб в микроволновой печи, пробы минерального сырья.

**O.A. Belavina, V.A. Shvetsov**

*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: oni@kamchatgtu.ru*

### **RESEARCHING THE DEPENDENCE OF DRYING SPEED OF MINERAL MATERIAL SAMPLES ON CELL MATERIAL**

The article deals with the dependence of drying speed of mineral material samples on cell material by the authors' method. By this method cells can be made of cheap plastic or ceramic. The article demonstrates insignificant influence of cell material on drying speed of samples. So cheaper plastic cells can be taken to reduce costs for preparing mineral material samples for analysis.

**Key words:** cell, drying samples in microwave oven, samples of mineral material

#### **Введение**

Совершенствование процесса сушки проб минерального сырья является актуальной задачей [1–4]. Одним из перспективных методов является сушка проб в микроволновой печи [4–6]. В работе [5] предлагается лабораторная установка для сушки проб с помощью СВЧ-излучения, при этом пробу помещают в стеклянную кювету, предназначенную для использования в микроволновой печи. Однако стоимость таких кювет (400÷2000 руб.) высока [7], а срок эксплуатации непродолжителен. Поэтому представляет практический интерес использование более дешевых [7] пластиковых и керамических кювет. Следует отметить, что практический интерес представляет использование в качестве кювет для сушки бытовой посуды. Для обоснования выбора материала кювет для сушки проб минерального сырья, необходимо провести соответствующие исследования.

Цель настоящей работы: исследование зависимости скорости процесса сушки пробы минерального сырья от материала кюветы.

#### **Методика проведения экспериментов**

Материал проб массой примерно 550–600 г взвешивали на весах лабораторных ВЛТК-500г-М, высушивали до постоянной массы (масса считается постоянной, если разность результатов двух последующих взвешиваний не превышает 0,05% от массы пробы [8]). При достижении постоянной массы проб материал проб считали сухим. Из материала сухой пробы отбирали навеску массой 500 г. Затем в навеску добавляли воду в количестве 10% (от массы пробы). Выбор начальной влажности в количестве 10%, обусловлен тем, что большинство геологических проб минерального сырья, поступающих в аналитические лаборатории, имеет влажность не более

10% [1]. Кроме того начальная влажность проб в диапазоне реальных [1] значений от 5 до 10% незначительно влияет на скорость сушки [9]. Измерили с помощью ртутного термометра начальную температуру пробы (20°C). Далее пробы помещали в керамическую кювету (тарелку) и пластиковые кюветы (контейнеры) различной массы и сушили в микроволновой печи при номинальном уровне мощности СВЧ-излучения (800 Вт) в течение заданного времени. Пробу вынимали через определённые промежутки времени из печи, измеряли температуру материала пробы с помощью термопары ТХА и электроизмерительного прибора (мультиметра ДТ-832), охлаждали до 20°C и взвешивали (с точностью до десятых грамма) на весах лабораторных ВЛТК-500г-М. Затем определяли остаточную влажность пробы. Результаты экспериментов приведены в табл. 1–3 и на рисунке.

### Эксперименты и их обсуждение

*Эксперимент № 1.* Для проведения эксперимента использовали: высушенную пробу массой 500 г, воду в количестве 50 г (10% от массы пробы); кювету пластиковую (контейнер), массой 36,5 г. Пробу сушили по методике [4, 9–11] в микроволновой печи (мощность печи 800 Вт). Общее время нагрева пробы, установленное по методике [4, 9–11], составило 8 минут. Начальную температуру пробы измеряли с помощью ртутного термометра, конечную температуру материала проб измеряли с помощью термопары ТХА и электроизмерительного прибора (мультиметра ДТ-832). После сушки и охлаждения до температуры 20°C измерили массу пробы с помощью весов лабораторных ВЛТК-500г-М. Результаты эксперимента приведены в табл. 1 и на рисунке.

Таблица 1

Результаты эксперимента № 1

Время нагрева, мин.	Температура пробы, °С	Масса пробы, г	Влажность, %	Результат наблюдения
0	19	600,0	10,00	Проба однородная по гранулометрическому составу, тёмная
3	76	599,0	9,90	
5	113	503,5	0,70	Проба перегретая, неоднородная (слипшиеся комки, при разбивании пылят) светлая, по окружности кюветы тонкая тёмная полоса

*Эксперимент № 2.* Для проведения эксперимента использовали: высушенную пробу массой 500 г, воду в количестве 50 г (10% от массы пробы); кювету пластиковую (контейнер), массой 86 г. Пробу сушили по методике [4, 9–11] в микроволновой печи (мощность печи 800 Вт). Общее время нагрева пробы, установленное по методике [4, 9–11], составило 8 минут. Начальную температуру пробы измеряли с помощью ртутного термометра, конечную температуру материала проб измеряли с помощью термопары ТХА и электроизмерительного прибора (мультиметра ДТ-832). После сушки и охлаждения до температуры 20°C измерили массу пробы с помощью весов лабораторных ВЛТК-500г-М. Результаты эксперимента приведены в табл. 2 и на рисунке.

Таблица 2

Результаты эксперимента № 2

Время нагрева, мин.	Температура пробы, °С	Масса пробы, г	Остаточная влажность, %	Результат наблюдения
0	15	600,0	10,00	Проба однородная по гранулометрическому составу, тёмная
3	89	597,5	9,75	
5	95	515,0	3,00	Проба светлая, по окружности кюветы тонкая тёмная полоса

*Эксперимент № 3.* Для проведения эксперимента использовали: высушенную пробу массой 500 г, воду в количестве 50 г (10% от массы пробы); кювету керамическую (тарелку), массой 248 г. Пробу сушили по методике [4, 9–11] в микроволновой печи (мощность печи 800 Вт). Общее время нагрева пробы, установленное по методике [4, 9–11], составило 8 минут. Начальную

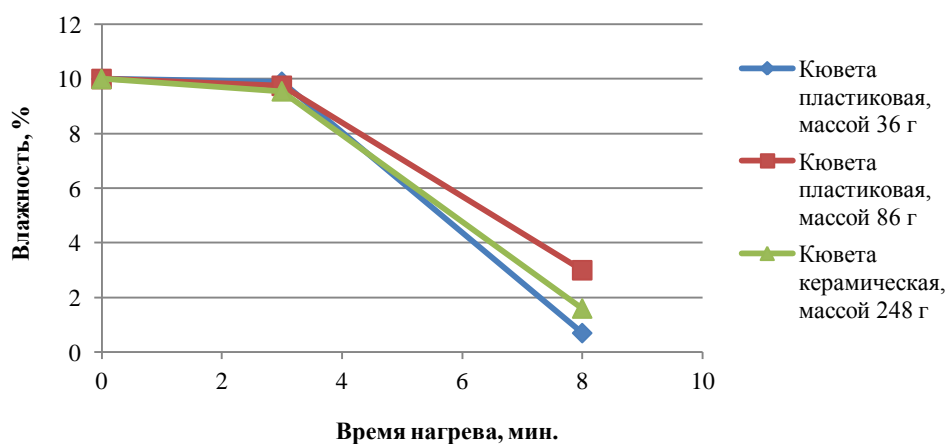
температуру пробы измеряли с помощью ртутного термометра, конечную температуру материала проб измеряли с помощью термопары ТХА и электроизмерительного прибора (мультиметра ДТ-832). После сушки и охлаждения до температуры 20°C измерили массу пробы с помощью весов лабораторных ВЛТК-500г-М. Результаты эксперимента приведены в табл. 3 и на рисунке.

Таблица 3

Результаты эксперимента № 3

Время нагрева, мин.	Температура пробы, °С	Масса пробы, г	Влажность, %	Результат наблюдения
0	15	600,0	10,00	Проба однородная по гранулометрическому составу, тёмная
3	96	595,5	9,55	
5	110	508,0	1,60	Проба светлая, по окружности кюветы тонкая тёмная полоса

Зависимость влажности пробы, помещённой в кювету из пластика и керамики от времени нагрева пробы



Графики зависимостей влажности пробы, помещённой в кювету из пластика и керамики от времени нагрева пробы

### Заключение

Из результатов экспериментов 1–3 следует, что влияние материала кюветы, на скорость процесса сушки незначительное, поэтому предпочтение следует отдавать более дешевым пластиковым кюветам.

### Литература

1. Альбов М.Н. Опробование месторождений полезных ископаемых. – М.: Недра, 1965.–239 с.
2. Карпов Ю.А., Савостин А.П. Методы пробоотбора и пробоподготовки. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2003. – 243 с.
3. Швецов В.А. Химическое опробование золоторудных месторождений: Моногр. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2008. – 220 с.
4. Белавина О.А., Швецов В.А., Адельшина Н.В., Пахомова В.В., Пахомов В.А., Белозеров П.А. Исследование влияния влажности лабораторных проб кварцевой золотосодержащей руды на операцию тонкого измельчения проб // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2014. – Т. 80, № 4. – С. 73–75.
5. Руководство по эксплуатации лабораторной установки для определения влажности сыпучих материалов ВС-1. РЭ 00.205.000 – Асбест. – 2002. – 13 с.
6. Особенности микроволновой сушки [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ingredient.su/news/40> (дата обращения 16.05.12).
7. Посуда для СВЧ. Каталог [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.mrdom.ru/catalog/index.php?SECTION\\_ID=42460](http://www.mrdom.ru/catalog/index.php?SECTION_ID=42460) (дата обращения 17.06.2015).

8. ГОСТ 13170-80. Руды и концентраты цветных металлов. Метод определения влаги. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.gosthelp.ru/gost/gost23574.html> (дата обращения 23.03.2010).

9. *Белавина О.А., Швецов В.А., Шунькин Д.В., Адельшина Н.В., Белозёров П.А.* Исследование процесса сушки лабораторных проб кварцевых золотосодержащих руд в микроволновой печи // Вестник КамчатГТУ. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2013. – Вып. 23. – С. 9–13.

10. *Швецов В.А., Белавина О.А., Шунькин Д.В., Адельшина Н.В.* Способ сушки геологических проб золотосодержащих руд в микроволновой печи: Патент на изобретение № 2502060. Заявл. 26.04.2012 г. Заявка № 2012117470. Оpubл. 20.12.2013. Бюл. № 35.

11. *Белавина О.А., Швецов В.А., Адельшина Н.В., Пахомова В.В., Пахомов В.А.* Исследование зависимости продолжительности операции сушки геологических проб кварцевых золотосодержащих руд от начальной температуры материала пробы // Вестник КамчатГТУ. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2015. – Вып. 34. – С. 6–11.

УДК 553.411.08:66.022.54

**О.А. Белавина, В.А. Швецов**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: oni@kamchatgtu.ru*

### **РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ГРУППОВЫХ ПРОБ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД**

В статье показано, что эффективным методом контроля результатов анализа золотосодержащих руд является использование групповых проб, перемешивать которые рекомендуется с помощью устройства, разработанного авторами. Это позволяет повысить экспрессность операции перемешивания способом просеивания проб в 6 раз, за счет исключения операции ручной очистки сит с помощью мягкой кисти.

**Ключевые слова:** золотосодержащие руды, перемешивание, групповые пробы, способ просеивания, устройство для перемешивания

**O.A. Belavina, V.A. Shvetsov**

*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: oni@kamchatgtu.ru*

### **DEVELOPMENT OF DEVICE FOR BULK SAMPLE MIXING OF GOLD-CONTAINING ORES**

The article shows that using bulk samples is an effective method to control gold-containing ore analysis results. They are recommended to mix using the device developed by the authors. It allows raising the speed of operation by 6 times. It is achieved by excluding the operation of hand cleaning of sieves using a softener.

**Key words:** gold-containing ores, mixing, bulk samples, sifting method, stirrer.

Разведка и эксплуатация золоторудных месторождений является приоритетным направлением экономики Камчатского края. При этом актуальной проблемой является совершенствование методов контроля результатов анализа золотосодержащих проб [1].

В работах [1–3] в качестве эффективного метода контроля результатов анализа предложено использовать групповые пробы. При этом становится актуальным вопрос о способе перемешивания таких проб. В работе [4] приведен обзор механических устройств, перемешивающих порошкообразные материалы, и рекомендуется использовать механическое перемешивание вместо ручного перемешивания. В работе [5] сравнивается эффективность операций перемешивания опробуемых материалов как ручным, так и механическим способом. При этом автор рекомендует использовать для перемешивания проб механический барабанный смеситель, снабженный сеткой с отверстиями 0,21 мм. Однако использование этого устройства в практике (в Центральной лаборатории ОАО «Камчатгеология») показало, что данный способ перемешивания не пригоден для рутинного анализа, вследствие его низкой экспрессности, т. к. на очистку устройства от остатков материала перемешанной пробы уходит много времени (10–15 мин.). Поэтому в НД [6] в качестве способа перемешивания рекомендуется использовать способы ручного перемешивания: способ перекачивания на листе кальки или на клеенке и способ кольца-конуса. При использовании способа перекачивания, получившего наибольшее распространение в аналитических лабораториях, устраняется операция очистки оборудования от остатков материала перемешанной пробы, что повышает экспрессность пробоподготовки. Однако как показали исследования, выполненные авторами [7, 8] применение этого способа имеет ограничения, способ перекачивания целесообразно применять только для перемешивания проб с содержанием редких частиц [8]

в количестве от 0,5 до 2%. При более низких содержаниях – данный способ не обеспечивает качественного перемешивания. Кроме того операция перемешивания способом перекачивания материала пробы на листе кальки или на клеенке является монотонной и поэтому утомительной работой. В работах [9, 10] для перемешивания порошкообразных материалов рекомендуется смешивать вещества способом четырехкратного просеивания через сито. В этом случае операцию перемешивания порошкообразных материалов можно механизировать с помощью устройства для механического отсева порошкообразных материалов (лабораторного ситового анализатора модели 71<sup>6</sup> ГР или лабораторного рассеивателя типа УМЗ-1) [11]. Следует отметить, что при соблюдении установленных НД [6] требований по крупности частиц материала проб минус 0,071 мм, размер отверстий сита должен находиться в интервале значений 0,14÷0,21 мм, что соответствует рекомендациям [5]. Однако использование сит с такими диаметрами отверстий возникает следующая проблема – отверстия сит забиваются материалом пробы и просеивание приходится проводить с помощью мягкой кисти [6], что снижает экспрессность операции и повышает ее трудоемкость.

Выполненные авторами исследования позволили разработать устройство [12] для перемешивания групповых проб золотосодержащих руд способом просеивания, позволяющее исключить операцию ручной очистки сит с помощью мягкой кисти и повысить экспрессность операции перемешивания проб в 6 раз.

### Литература

1. Швецов В.А. Химическое опробование золоторудных месторождений. – Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатГТУ, 2008. – 220 с.
2. Швецов В.А., Пахомова В.В., Адельшина Н.В., Белавина О.А. Совершенствование оперативного контроля внутрилабораторной прецизионности результатов пробирного анализа геологических проб золотосодержащих руд // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2009. – Т. 75, № 12. – С. 63–65.
3. Пахомова В.В., Швецов В.А., Адельшина Н.В., Белавина О.А. Алгоритм оперативного контроля внутрилабораторной прецизионности результатов определения золота атомно-эмиссионным методом в геологических пробах золотосодержащих руд первой группы // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2012. – Т. 78, № 12. – С. 73–74.
4. Кузнецов Ю.Н., Стахеев Ю.И. Механизация и автоматизация операций эмиссионного спектрального анализа порошков (обзор) // Заводская лаборатория. – 1969. – Т. 35, № 4. – С. 438.
5. Романов Н.Р. Сравнение эффективности операций перемешивания опробуемых материалов // Заводская лаборатория. – 1965. – Т. 31, № 10. – С. 1231–1234.
6. ОСТ 41-08-249-85. Управление качеством аналитической работы. Подготовка проб и организация выполнения количественного анализа в лабораториях Мингео СССР. Общие требования – М.: ВИМС, 1985. – 32 с.
7. Белавина О.А., Швецов В.А., Пахомова В.В., Шунькин Д.В. К вопросу о перемешивании лабораторных проб золотосодержащих руд первой группы способом перекачивания // Вестник КамчатГТУ. – Петропавловск-Камчатский, 2011. – Вып. 17. – С. 16–21.
8. Белавина О.А., Швецов В.А., Пахомова В.В., Шунькин Д.В. Разработка новых методик контроля качества операции перемешивания тонкоизмельченных проб минерального сырья // Вестник КамчатГТУ. – Петропавловск-Камчатский, 2011. – Вып. 18. – С. 19–23.
9. ГОСТ 23148-98. Порошки, применяемые в порошковой металлургии. Отбор проб [Электронный ресурс]. – URL: [http://tehnorma.ru/gosttext/gost/gost\\_3642.htm](http://tehnorma.ru/gosttext/gost/gost_3642.htm) (дата обращения 09.04.2013).
10. Смешивание веществ. Просеивание [Электронный ресурс]. – URL: [xumich.ucoz.ru>publ/domashnjaja...smeshivanie...8-1...35](http://xumich.ucoz.ru/publ/domashnjaja...smeshivanie...8-1...35) (дата обращения 09.04.2013).
11. Пробоотбирание и анализ благородных металлов. Справочник / Под ред. И.Ф. Барышникова. 2-е изд. – М.: Металлургия, 1978. – С. 108.
12. Пат. 141243 Российская Федерация, U1 МПК В01F 11/00 (2006.01). Смеситель порошкообразных материалов. / Белавина О.А., Швецов В.А., Пахомова В.В., Пахомов В.А. / заявитель и патентообладатель Камчатский государственный технический университет (RU). – № 2013143250/05; заявл. 24.09.2013. опубл. 27.05.2014, бюл. № 15.

УДК 502.171

**И.А. Ильченко**

*Таганрогский институт управления и экономики,  
Таганрог, 347900  
e-mail: i.ilchenko@tmei.ru*

### **ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ПРИРОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ**

Показано применение метода анализа иерархий для прогнозирования результативности природоохранных мероприятий, проводимых для улучшения состояния городской окружающей среды. Проведен сравнительный анализ результатов прогнозирования на основе балльных оценок и на основе количественных результатов когнитивного моделирования. Установлено, что в условиях антропогенного химического загрязнения городской среды наибольший эффект будет иметь сочетание нескольких природоохранных мероприятий. Выполнено ранжирование природоохранных программ по степени их результативности, и даны рекомендации относительно использования конкретных программ в зависимости от возможных объемов финансирования.

**Ключевые слова:** экологическое прогнозирование, состояние природной среды, метод анализа иерархий, природоохранные мероприятия .

**I.A. Pchenko**

*Taganrog Institute of Management and Economy,  
Taganrog, 347900  
e-mail: i.ilchenko@tmei.ru*

### **ECOLOGICAL FORECASTING AND ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL MEASURE PRODUCTIVITY**

The application of hierarchy analysis technique for forecasting the productivity of environmental protection measures to improve urban environment is shown. Comparative analysis of forecasting results on the basis of mark estimates and quantitative results of cognitive modeling is conducted. It has been found that under anthropogenic chemical pollution conditions of urban environment a combination of several environmental measures has the greatest effect. The ranking of environmental programs in terms of their effectiveness is performed. Recommendations regarding the use of specific programs depending on potential financing are given.

**Key words:** ecological forecasting, state of environment, hierarchy analysis technique, environmental protection measures.

Для поддержания благоприятных условий окружающей среды необходимо располагать информацией о тенденциях изменения ее состояния под воздействием различных природных и антропогенных факторов, что обуславливает необходимость проведения специальных исследований в данной области. В настоящее время к экологическому прогнозированию относят исследование качественного и количественного характера, которое проводится для установления тенденций развития состояния окружающей среды и ее отдельных биотических и абиотических компонентов, состояния природно-ресурсного потенциала, для выяснения вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций, обусловленных природными или антропогенными факторами [1–3]. Особенность экологического прогноза заключается в необходимости учета сложного строения природных и искусственных экосистем, наличия буферных свойств у экосистем и др. экологических объектов, которые выражаются в том, что они способны сохранять стабильность некоторое время под воздействием определенного фактора и могут противостоять ему благодаря механизмам отрицательной обратной связи [4]. Кроме того, для составления такого прогноза специалист не всегда имеет в своем распоряжении достаточный объем объективной количест-

венной информации. По особенностям разработки такой прогноз всегда является поисковым, т.к. направлен на определение будущих значений тех или иных параметров компонентов окружающей среды, исходя из характеристик состояния объекта на момент составления прогноза. Результаты экологического прогнозирования могут использоваться для принятия управленческих решений в сфере природопользования и охраны природы.

Для подготовки экологического прогноза наиболее перспективны два методологических подхода [1]. Первый подход опирается на результаты математического моделирования изучаемой системы, а второй – на результаты статистической обработки данных экологического мониторинга или наблюдений за динамикой изменения системы. В связи с этим разработка методики выполнения экологического прогноза, опирающейся на результаты сценарного моделирования поведения изучаемой экосистемы и методы системного анализа, является актуальной.

Цель данной работы заключалась в разработке методики экологического прогноза состояния городской экосистемы для анализа результативности природоохранных мероприятий на основе методологии системного анализа. Задачами работы являлись: 1) изучение результатов когнитивного моделирования поведения параметров урбозекосистемы в химического загрязнения и выделении ключевого индикатора ее состояния; 2) поиск инструмента системного анализа для анализа сценарного моделирования; 3) апробация предложенной методики для анализа возможных управленческих решений по обеспечению благоприятной среды обитания. Объектом исследования являлась экосистема г. Таганрога и характеристики ее компонентов, предметом исследования – степень влияния природоохранных мероприятий на состояние компонентов изучаемой урбозекосистемы.

Для изучения влияния природоохранных мероприятий на состояние природной среды г. Таганрога ранее было проведено когнитивное моделирование различных сценариев [4, 5]. Модель включала 6 вершин:  $v_1$  – уровень загрязнения воздуха,  $v_2$  – здоровье городского населения,  $v_3$  – состояние растительности,  $v_4$  – загрязнение почв,  $v_5$  – загрязнение грунтовых вод,  $v_6$  – загрязнение подземных вод. Особенностью водообеспечения города является использование артезианских скважин, расположенных в центральной части города и подвергающихся серьезной экологической нагрузке вследствие отсутствия в жилых массивах этой части города канализационной сети. Были промоделировано 5 сценариев, в ходе которых наблюдалось поведение величин следующих контролируемых параметров – уровня загрязнения воздуха, уровня здоровья населения, состояния растительности и уровня загрязнения почв. Результаты сценарного моделирования приведены в табл. 1, где  $q_1$  – величина импульса, вносимого в вершину  $v_1$ ,  $q_3$  – величина импульса, вносимого в вершину  $v_3$ ,  $q_6$  – величина импульса, вносимого в вершину  $v_6$ .

Таблица 1

Результаты сценарного моделирования

№ п/п	Контролируемые параметры	Величины амплитуд стабилизации контролируемых параметров				
		Сценарий контрольный ( $q_1 = +0,1$ )	Сценарий 1 ( $q_1 = +0,1$ )	Сценарий 2 ( $q_1 = +0,1$ ; $q_3 = +0,1$ )	Сценарий 3 ( $q_1 = +0,1$ ; $q_3 = +0,1$ ; $q_6 = -0,1$ )	Сценарий 4 ( $q_1 = -0,1$ ; $q_3 = +0,1$ ; $q_6 = -0,1$ )
1.	Загрязнение воздуха	0,132	-0,132	0,103	0,103	-0,164
2.	Здоровье населения	-0,057	0,057	-0,051	-0,024	0,079
3.	Состояние растительности	-0,068	0,068	0,052	0,052	0,178
4.	Загрязнение почв	0,099	-0,099	0,066	0,066	-0,133

В качестве главного индикатора, характеризующего степень благоприятности среды обитания, было выбрано здоровье населения, поэтому полученные результаты сравнивались друг с другом на основании данного критерия. Анализ табл. 1 показывает, что наилучшие результаты следует ожидать при одновременном использовании трех природоохранных мероприятий (сценарий 4) – защиты воздуха от загрязнения ( $q_1 = -0,1$ ), проведения озеленения ( $q_3 = +0,1$ ) и очистки вод перед подачей их в распределительную водопроводную сеть ( $q_6 = -0,1$ ). Менее эффективны сценарии 1, 2 и 3, предполагающие проведение одного и двух природоохранных мероприятий соответственно.

Для выбора оптимальной программы действий по улучшению условий городской окружающей среды были изучены результаты сценарного моделирования с помощью метода анализа



иерархий. Поскольку сценарий 1 моделирует загрязнение атмосферного воздуха без проведения природозащитных мероприятий, он был выбран в качестве контрольного сценария для сравнения результативности проектируемых мероприятий. Для этого были рассчитаны величины абсолютных отклонений для итоговых значений индикатора степени благоприятности среды обитания в сценариях № 1–4 от его значения в контрольном сценарии, которые оказались соответственно равны 0,114 для 1-го сценария, 0,006 для 2-го сценария, 0,081 для 3-го сценария и 0,136 для 4-го сценария. Результатам сценариев № 1-4 были присвоены следующие балльные оценки по 9-балльной шкале относительной важности Т. Саати [6] пропорционально величинам абсолютных отклонений индикатора: 1-й сценарий – 7 баллов, 2-й сценарий – 1 балл, 3-й сценарий – 5 баллов, 4-й сценарий – 9 баллов. В данном случае 1 балл соответствует незначительному преобладанию величины индикатора над его величиной в контрольном сценарии (равная важность), 3 балла характеризуют небольшое преобладание величины индикатора над контрольным значением (умеренное превосходство); 5 баллов – существенное превалирование величины индикатора (существенное превосходство); 7 баллов – весьма значительное преобладание (значительное превосходство); 9 баллов – очень сильное (абсолютное) превосходство. В табл. 2 приведены результаты парных сравнений сценариев для улучшения состояния среды обитания на основе балльных оценок, из которой следует, что минимальный суммарный балл (2,444444444) и максимальную нормализованную оценку вектора приоритетов (0,409091) получил сценарий 4, поэтому в соответствии с критериями Т. Саати [6, 7] он является самым результативным. Следовательно, ранжирование этих сценариев по их результативности дает такую последовательность: на первом месте – 4-й сценарий, на втором месте – 1-й сценарий, на третьем месте – 3-й сценарий, на четвертом месте – 2-й сценарий. Поскольку проведение одновременно трех природоохранных мероприятий является весьма затратным (сценарий 4), а добиться повсеместного установления технических средств очистки выбросов в атмосферу от стационарных и передвижных источников довольно трудно (сценарий 1), то в связи с этим далее были попарно сравнены 2-й и 3-й сценарии. Оказалось, что и здесь предпочтение следует отдать 3-му сценарию, у которого суммарный балл снова был ниже, а нормированное значение вектора приоритетов выше, чем во втором сценарии (1,6 против 2,66666667 и 0,625 против 0,375 соответственно).

Таблица 2

**Матрица парных сравнений сценариев для улучшения состояния среды обитания на основе балльных оценок**

	Сценарий 1	Сценарий 2	Сценарий 3	Сценарий 4	Вектор приоритетов	Нормализованные оценки вектора приоритетов
Сценарий 1	1	7	1,4	0,777777778	1,66157673	0,318182
Сценарий 2	0,142857143	1	0,2	0,111111111	0,2373681	0,045455
Сценарий 3	0,714285714	5	1	0,555555556	1,18684052	0,227273
Сценарий 4	1,285714286	9	1,8	1	2,13631294	0,409091
Итого	3,142857143	22	4,4	2,444444444	5,2220983	1

На основе величин абсолютных отклонений итоговых значений индикатора в сценариях № 1-4 от его значения в контрольном сценарии была построена вторая матрица парных сравнений (табл. 3), чтобы подтвердить или опровергнуть результаты сравнения сценариев на основе балльных оценок. Анализ итоговых данных табл. 3 свидетельствует о не расхождении результатов парных сравнений на основе количественных и балльных оценок. Так, минимальный суммарный балл и максимальная нормализованная оценка для вектора приоритетов оказались у 4-го сценария (2,477941176 и 0,403561 соответственно), а максимальный суммарный балл и минимальная нормализованная оценка для вектора приоритетов – у 2-го сценария (56,16666667 и 0,017804 соответственно), т. е. результат ранжирования не изменился. Аналогично и сравнение 2-го и 3-го сценариев снова показало преимущество третьего сценария перед вторым (1,222222222 против 5,5 и 0,81818182 против 0,18181818 соответственно).

По величине финансовых и материальных затрат можно дать следующую оценку изучаемым сценариям: 1-й сценарий – 5 баллов, 2-й сценарий – 2 балла, 3-й сценарий – 7 баллов, 4-й сценарий – 9 баллов. Анализ матрицы парных сравнений по данному критерию дает такую иерархию

сценариев: 1) 4-й сценарий (самый капиталоемкий); 2) 3-й сценарий; 3) 1-й сценарий; 4) 2-й сценарий (наименее капиталоемкий). Тогда с точки зрения возможности реализации при недостаточном финансировании ранги сценариев будут противоположны последовательности затрат на них: 1) 2-й сценарий (дополнительное озеленение городской территории); 2) 1-й сценарий (защита воздушного бассейна от загрязнения); 3) 3-й сценарий (очистка подземных вод перед подачей в городскую водопроводную сеть и дополнительное озеленение городской территории); 4) 4-й сценарий (сочетание мероприятий по защите воздушного бассейна от загрязнения, по улучшению состояния растительности (озеленение) и очистке подземных вод перед подачей в городскую водопроводную сеть). Только 3-й сценарий сохранил свое ранговое место в обеих итоговых иерархиях

Таблица 3

**Матрица парных сравнений сценариев улучшения состояния среды обитания на основе результатов моделирования**

	Сценарий 1	Сценарий 2	Сценарий 3	Сценарий 4	Вектор приоритетов	Нормализованные оценки вектора приоритетов
Сценарий 1	1	19	1,407407407	0,838235294	2,17587952	0,338279
Сценарий 2	0,052631579	1	0,074074074	0,044117647	0,11451998	0,017804
Сценарий 3	0,710526316	13,5	1	0,595588235	1,54601966	0,240356
Сценарий 4	1,192982456	22,66666667	1,679012346	1	2,59578609	0,403561
Итого	2,956140351	56,16666667	4,160493827	2,477941176	6,43220524	1

Проведенные исследования позволяют сделать заключение о целесообразности использования результатов когнитивного моделирования поведения урбоэкосистемы в условиях антропогенного загрязнения и метода анализа иерархий для экологического прогнозирования ее состояния и выбора оптимальных вариантов природоохранных программ. Можно рекомендовать следующие процедуры для выполнения прогноза: 1) сбор данных экологического и социально-гигиенического мониторинга о состоянии компонентов урбоэкосистемы; 2) разработка когнитивной модели; 3) проведение сценарного моделирования и обработка его результатов; 4) выбор контрольного индикатора степени благоприятности среды обитания; 5) построение матрицы парных сравнений по результатам моделирования и ее анализ (на базе изменения значений контрольного индикатора); 6) проведение балльной оценки результатов моделирования по шкале относительной важности методом опроса экспертов; 7) построение матрицы парных сравнений по результатам балльной оценки и ее анализ; 8) сравнение результатов по обеим матрицам; 9) формулировка итогового прогноза.

Таким образом, для подготовки экологического прогноза состояния городской экосистемы можно использовать предлагаемую методику, сочетающую проведение когнитивного моделирования поведения урбоэкосистемы в условиях химического загрязнения и метода анализа иерархий, и использовать результаты полученного прогноза для обоснования выбора оптимального варианта природоохранной программы в конкретных экологических и экономических условиях. Поскольку в данной работе балльные оценки выставлялись в соотношении с результатами моделирования, то наблюдалась корреляция результатов парных сравнений в построенных матрицах. Для изучаемой экосистемы были получены следующие результаты ранжирования программ по улучшению состояния городской окружающей среды на основе критерия «здоровье населения» в условиях антропогенного загрязнения: 1) сочетание мероприятий по защите воздушного бассейна от загрязнения, по улучшению состояния растительности (озеленение) и очистке подземных вод перед подачей в городскую водопроводную сеть; 2) защита воздушного бассейна от загрязнения; 3) очистка подземных вод перед подачей в городскую водопроводную сеть и дополнительное озеленение городской территории; 4) дополнительное озеленение городской территории.

### Литература

1. Розенберг Г.С., Шитиков В.К., Брусиловский П.М. Экологическое прогнозирование (Функциональные предикторы временных рядов). – Тольятти: Институт экологии Волжского бассейна РАН, 1994. – 182 с.

2. Булгаков Н.Г., Максимов В.Н., Левич А.П., Юзбеков А.К., Рисник Д.В. Экологический прогноз изменения состояния водных экосистем // Успехи современной биологии. – 2010. –Т. 130, № 5. – С. 435–445.

3. Кравцова М.В. Оценка техногенного риска технически сложных производственных объектов машиностроения // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т. 14, № 1-3. – С. 877–884.

4. Ильченко И.А. Управление качеством окружающей среды при химическом загрязнении. – Таганрог: Изд-во ТИУиЭ, 2004. – 188 с.

5. Ильченко И.А. Когнитивное моделирование процессов химического загрязнения городской среды обитания в нединамических условиях // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. – 2008. – № 3. – С. 81–84.

6. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с.

7. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях. Аналитические сети. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008. – 360 с.

УДК [911.52:383.483.11](574.1)

**Г.Т. Кубесова**

*Актюбинский региональный государственный университет имени К. Жубанова,  
Казахстан, Актюбе, 000030  
e-mail: gulnar\_k1@mail.ru*

## **РЕКРЕАЦИОННАЯ ОЦЕНКА ПРИРОДНЫХ ЛАНДШАФТОВ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА**

В статье рассмотрены вопросы рекреационной оценки ландшафтов. Представлены результаты районирования территории Западного Казахстана по туристской аттрактивности природных ландшафтов. В западной части Республики Казахстан выделены районы первоочередного освоения в туристской сфере.

**Ключевые слова:** рекреация, туризм, территориальная рекреационная система, туристская аттрактивность, природные рекреационные ресурсы.

**G.T. Kubesova**

*K. Zhubanov Aktobe Regional State University,  
Kazakhstan, Aktobe, 030000  
Email: gulnar\_k1@mail.ru*

## **RECREATIONAL ASSESSMENT OF WESTERN KAZAKHSTAN LANDSCAPES**

The article deals with recreational landscape assessment. The results of Western Kazakhstan zoning according to natural landscape attractiveness are presented. Priority development areas from the perspective of tourism in Western Kazakhstan are distinguished.

**Key words:** recreation, tourism, territorial recreational system, tourist attractiveness, natural recreational resources.

Важнейшей задачей географии туризма является выявление всех ресурсов рекреации и туризма, способных обеспечить необходимый комплекс занятий, и обоснование целесообразной функциональной направленности рекреационного использования территории. Известно, что оценивание в рекреационной географии представляет сложный процесс взаимосвязей между подсистемами и элементами территориальной рекреационной системы (ТРС), в частности, между подсистемами «природный комплекс» и «группа отдыхающих». Каждое рекреационное занятие и каждая категория отдыхающих предъявляют свои требования к природным комплексам и сфере обслуживания. Поэтому при определении задач исследования необходимо указать объект и субъект оценки, составляющий первый этап оценивания. Объектом оценки чаще выступают природные комплексы определенного ранга, субъектом – отдыхающие. Согласно «Теоретическим основам рекреационной географии» выявление перечня показателей, учитываемых при оценке, и, наконец, разработка оценочных шкал для отдельных показателей, составляют последующие этапы оценивания [1].

При туристско-рекреационном районировании первостепенную роль играет природная среда. Однако туристско-рекреационные районы могут формироваться и на основании природных ресурсов, катастрофически неблагоприятных для развития отдыха и туризма, как, например, на отдельных участках территории Западного Казахстана (юг, юго-восток). Например, туристский центр мирового значения – Лас-Вегас, расположен в пустыне Невада. Возникновение

и развитие его можно объяснить тем, что задачи освоения территории, безусловно, доминировали при определении функции района [2, С. 112–113]. Следовательно, формирование центров и районов развития рекреации и туризма во многом определяется туристско-рекреационными потребностями территорий.

Основным направлением рекреационной оценки природных комплексов, учитывающим психологический, физиологический и технологический аспекты, как ранее указывалась, является метод бонитировки.

Автором наряду с выявлением и характеристикой природных компонентов Западного Казахстана для целей развития рекреации и туризма, было проведено районирование данной территории по степени туристской аттрактивности природных ландшафтов методом бонитировки.

Оценка природных комплексов в разрезе административных областей Западного Казахстана для организации отдыха и туризма осуществлена на основе Ландшафтной карты Казахской ССР (1979), по административным районам областей Западного Казахстана [3]. Выбор административных единиц региона считается более целесообразным для дальнейшего планирования и туристского освоения. В процессе оценки видов ландшафта каждому из ландшафтообразующих факторов, исходя из наличия необходимых рекреационных свойств, присваивался 1 балл.

Важнейшими факторами, которые учитывались при рекреационной оценке ландшафтов, являлись:

- рельеф, его морфометрические свойства, влияющие на рекреационную специализацию региона;
- климат (продолжительность благоприятного периода, число благоприятных дней);
- вода как фактор, определяющий условия купания, бальнеологического лечения, рыболовного туризма, как фактор, влияющий на выбор средств передвижения;
- растительность, в частности леса, как фактор эстетического восприятия, фактор, имеющий огромное познавательное значение;
- животный мир (охотничье – промысловые животные).

Дополнительное количество баллов было дано за каждый объект, представляющий интерес в туристско-рекреационном отношении, прежде всего объектам природно-заповедного фонда, поскольку в концепциях устойчивого развития национальных программ важное место принадлежит особо охраняемым территориям по сохранению и устойчивому использованию биологического разнообразия. Поскольку данные территории в системе разрабатываемых концепций устойчивого развития должны выполнять специфические функции и быть [4, с. 22-23]:

- ядрами мониторинга как природного, так и природно-антропогенного;
- эталонными объектами комплексного изучения, функционирования, развития и совершенствования географической оболочки;
- местами духовно-эстетического воспитания, образования, отдыха и туризма.

Следовательно, сохранение различных экосистем, редких видов флоры и фауны на базе охраняемых природных территорий возможно путем организации экологического, учебного и других видов туризма, направленных как на сохранение биоразнообразия, так и получение определенной выгоды.

Западный Казахстан – самый крупный среди экономических районов республики, соответственно обладает довольно разнообразными природными условиями. Разнообразие природных условий региона обуславливает богатство растительного и животного мира. Многие виды растений и животных в силу своей редкости, эндемичности, ценности занесены в Красную Книгу.

В пределах Западного Казахстана отмечено 55 объектов (17 существующих и 38 перспективных). Среди них Устюртский государственный заповедник и другие объекты природно-заповедного фонда. Таким образом, сосредоточение перечисленных объектов во всех природных зонах и в Мугоджарских горах (почти во всех административных районах) может способствовать равномерному туристскому освоению территорий и проведению широкомасштабных научно-исследовательских работ.

В результате проведенных исследований проведено «Районирование территории Западного Казахстана по степени туристской аттрактивности природных ландшафтов».

Согласно применяемой методике, нами выделены наиболее привлекательные природные ландшафты по административным районам областей Западного Казахстана. Главная суть тури-

стского районирования в рамках административно-территориальных единиц (районов) заключается в удобстве перспективного планирования и управления.

Согласно методике С.Р. Ердавлегова [5], были приняты следующие категории оценки (степени) туристской аттрактивности природных ландшафтов:

1. Весьма благоприятные – 3 балла;
2. Благоприятные – 2 балла;
3. Малоблагоприятные – 1 балл;
4. Неблагоприятные – 0 баллов.

Анализ оценки показал, что ландшафты первой категории (окрестности городов Уральска, Актау, Зеленовский, Акжайкский, Теректинский районы Западно-Казахстанской области (ЗКО), Каргалинский, Мартукский, Мугалжарский районы Актюбинской области и др.) располагают своеобразными орографическими особенностями, значительными водными объектами (р. Урал и притоки, Каспийское море и др.), разнообразной растительностью (пойменные леса, березово-осиновые колки, ольшаники, ивняки, розалии и другие) и животным миром (косули, зайцы и др.), отличаются наибольшей привлекательностью и живописностью. Для данных районов характерен довольно продолжительный благоприятный период (число благоприятных дней в году – 112 и 109) для развития разнообразных как летних, так и зимних видов отдыха и туризма. Здесь сосредоточено большая часть памятников природы областей. Территории позволяют организовать отдых по всем основным его направлениям практически для любых категорий отдыхающих.

В это оценочное подразделение входят следующие виды ландшафтов:

- 1) широкие поймы крупных рек, сложенные песками, занятые разнотравно-злаковыми лугами в сочетании с древесно-кустарниковой растительностью (реки Урал, Каргалы);
- 2) возвышенные холмисто-увалистые равнины, сложенные вулканогенными, осадочными породами и кристаллическими сланцами, кустарниково-ковыльно-типчаковой и местами древесной растительностью (Урало-Илекское междуречье);
- 3) низкогорье грядово-увалистое с кустарниково-полынно-ковылковой растительностью (Мугоджары) и др.

Вторую категорию (окрестности городов Актобе, Атырау, Борлинский, Таскалинский районы ЗКО, Каракиянский, Тюпкараганский районы Мангистауская обл., Курмангазинский район (Атырауская обл.), Уилский, Кобдинский, Хромтауский, Айтекебийский районы Актюбинской обл.) образуют ландшафты, благоприятствующие организации различных по продолжительности путешествий. Для данных ландшафтов характерны: наличие в рельефе уникальных геоморфологических и геологических объектов (геологические разрезы и др.); благоприятные погодные – климатические условия (число благоприятных дней в году – 114 и более) для рекреационной деятельности в течение всего года; многочисленные реки, родники; наличие березово-осиновых колок, первичных степных участков и других ботанических объектов, а также обилие охотничьих животных.

В данную категорию входят следующие виды ландшафтов:

- 1) денудационные мелкосопочные равнины, сложенные кристаллическими сланцами с кустарниково-ковыльно-типчаковой растительностью;
- 2) пойма р. Уил с разнотравно-злаковыми лугами и др.

Третья категория (Сырымский, Шынгырлауский районы (ЗКО); Индерский, Махамбетский районы (Атырауская обл.); Иргизский, Алгинский, Темирский районы (Актюбинская обл.); Мангистауский, Бейнеуский районы (Мангистауская обл.) включает ландшафты с малоблагоприятными условиями для организации некоторых видов и форм рекреационной деятельности (пригодны для охоты, любительского рыболовства, познавательного и лечебного туризма). Для данных ландшафтов характерны: наличие в рельефе уникальных геоморфологических и геологических объектов (меловые горы и др.); значительное число благоприятных дней для проведения рекреационных занятий; месторождения минеральных вод и проявлений лечебных грязей.

В эту категорию входят в основном такие ландшафты, как:

- 1) равнины с полынно-тырсово-еркековой растительностью;
- 2) низкогорья, столовое плато с еркековой и злаково-полынной растительностью;
- 3) аллювиальные плоские равнины с биюргуновой и черно-полынной растительностью и др.

Ландшафты с неблагоприятными условиями для отдыха и туризма сосредоточены в основном в полупустынной и пустынной зонах и некоторых других частях региона. Например, Байганинский район Актюбинской области неблагоприятен для развития зимних видов отдыха. Однако, природные комплексы данной категории пригодны для охоты, прогулок, лечебного и оздоровительного отдыха местного населения.

В данную категорию входят:

- 1) столовые останцевые (с турткулями) плато с полынно-ковыльно-тырсовой растительностью;
- 2) пластовые равнины с полынно-ковыльно-тырсовой растительностью;
- 3) эоловые бугристо-грядовые равнины со злаково-полынно-еркековой растительностью и др.

Итак, ландшафты с весьма благоприятными для развития рекреации и туризма условиями с суммой баллов равной 13 и 12 б.; благоприятные ландшафты – 10 б.; малоблагоприятные – по 8б. соответственно; неблагоприятные – 6 и 6,5 баллов соответственно.

Анализ природных предпосылок развития рекреации и туризма региона и классификация типов ландшафта по степени туристской аттрактивности показывает:

1. Западный Казахстан обладает довольно значительным и разнообразным рекреационным потенциалом, который недостаточно изучен и, как следствие, в туристско-рекреационном отношении практически не используется.

2. Высокой степенью туристской аттрактивности обладают горные, долинные и отчасти степные ландшафты.

3. Наиболее благоприятные и привлекательные природные рекреационные ресурсы свойственны, например, для Каргалинского, Мугалжарского районов Актюбинской области и др., которые в туристско-рекреационном отношении освоены слабо. Основу данных ресурсов составляют Мугуджары, р. Урал, мелкосопочная равнина (до 450-500 м), Александровские пещеры, пойменные леса, памятники природы и др. Район благоприятен для организации флористических и геологических туров, а также зоны отдыха в районе поймы р. Урал. Соседство с Россией может способствовать развитию международного, в частности, экологического туризма и проведению природоохранных мероприятий (сохранение первичных степных участков, редких растений и животных и др.).

4. Благоприятные природные рекреационные ресурсы характерны расчленённость рельефа, наличие водных объектов, охраняемых территорий и живописных пейзажей и другие объекты (или их свойства), обуславливают познавательное и эстетическое значение данных районов для организации самых разнообразных по характеру и протяженности туристских маршрутов. Погодно-климатические условия, наличие минеральных источников, растительности и водных объектов являются важными условиями развития массового отдыха и лечения.

5. Малоблагоприятными природными рекреационными ресурсами обладают такие районы, где месторождения минеральных вод, проявления лечебных грязей и аридность климата наряду с другими факторами служат основанием для строительства объектов лечебного туризма. Тургайский государственный заказник, метеоритный кратер Жаманшин и ряд других объектов благоприятствуют развитию познавательного и оздоровительно-спортивного туризма. В малонаселенные и бестранспортные территории возможна организация специальных маршрутов.

6. Неблагоприятные природные рекреационные ресурсы довольно широко распространены. В то же время данные территории представляют огромный интерес для научного, учебного и приключенческого туризма, а также разнообразных форм отдыха (охота за поведением животных и др.).

Помимо районирования территории Западного Казахстана по степени туристской аттрактивности природных ландшафтов рассмотрены природные рекреационные объекты для определения функциональной структуры перспективного туризма в регионе.

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что территория Западного Казахстана, несмотря на однообразие природных условий, преобладание аридных типов ландшафтов, обладает довольно разнообразными и значительными природными рекреационными ресурсами и является благоприятной для развития форм и видов рекреации и туризма.

### Литература

1. Теоретические основы рекреационной географии / Под ред. В.С. Преображенского. – М.: Наука, 1975. – 250 с.
2. *Игнатьев Г.М.* Географические аспекты изучения рекреационных ресурсов в США // Географические проблемы организации отдыха и туризма: Сб. докл. – М., 1969. – С. 112–113.
3. Ландшафтная карта Казахской ССР (масштаб 1:2500 000). – М.: ГУГиК, 1979.
4. *Селиверстов Ю.П.* Место особо охраняемых территорий в концепции устойчивого развития // Изв. РГО, 1997. – Т. 129, вып. 4. – С. 22–23.
5. *Ердаuletov С.Р.* География туризма Казахстана. – Алматы: Ѓылым, 1992. – 192 с.

УДК 630\*2:582.475.4(571.66)

**Г.А. Лазарев**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: gennl\_16@mail.ru*

## **ОБСЛЕДОВАНИЕ УЧАСТКОВ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ КАМЧАТКЕ**

В статье рассмотрены история и опыт создания лесных культур сосны обыкновенной на Камчатке, а также результаты исследований на 3 пробных площадях на культурах сосны обыкновенной в разных лесорастительных условиях в Центральной Камчатке.

**Ключевые слова:** лесные культуры, пробные площади, санитарное состояние, лесорастительные условия.

**G.A. Lazarev**

*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: gennl\_16@mail.ru*

## **INSPECTIONS OF COMMON PINE PLANTATIONS IN CENTRAL KAMCHATKA**

The article discusses the results and the experience of planting common pine plantations in Kamchatka as well as study results for pine forest cultures on 3 plots in different site conditions in Central Kamchatka.

**Key words:** plantations, test areas, healthiness, forest condition.

Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), изучением роста которой в условиях Центральной Камчатки мы занимаемся в рамках данного научного исследования, является ценной породой. Сосна, как лесообразующая порода в ареале своего произрастания, обладает целым рядом преимуществ и положительных качеств, как-то: высокими декоративными свойствами, растет по высоким классам бонитета, образует фрагменты и биогруппы древостоев, перспективна для повышения декоративных и биотопических свойств лесов, хорошо семеносит и возобновляется естественным путем. Однако сосна, как лесокультурная древесная порода-интродуцент на Камчатке, имеет ряд недостатков: рыхлость древесины из-за быстрого роста, хрупкость, повышенная ломка от снега, плохая очищаемость от сучьев, сильное разрастание мутовок и искривление ствола, многовершинность. Значительно повреждается мышевидными грызунами.

### **История вопроса**

Культуры сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) начали создаваться на Камчатке в середине 50-х – начале 60-х годов. В небольших объемах, но ежегодно, их начали высаживать в центральной части полуострова Камчатка, а также в лесничествах Елизовского лесхоза на юге. Системной основы и, тем более, научного замысла в создании этих культур не было. Были официально изданные «Рекомендации по созданию лесных культур», но проблема была в том, что они разработаны были для всего Союза, без районирования. Выбор породы и способы посадки и посева определялись формальными планами лесхозов по лесовосстановлению, семенной материал заготавливался в различных регионах страны. Семена поставлялись плано-во, в достаточном, и даже избыточном объеме. Питомники (для производства сеянцев и саженцев), как временные, так и постоянные, были созданы в каждом лесхозе Камчатки. Семян



главной местной породы – лиственницы курильской (*Larix cajanderi* Mayr), – практически не заготавливали, в силу редкой повторяемости семенных лет и высокой степени повреждения энтомовредителями. Самыми старыми культурами сосны обыкновенной на Камчатке, из документально зарегистрированных, на сегодняшний день, является участок площадью около 10 га в Козыревском лесничестве, созданные посевом еще в 1956 г. (Чумин, 1965, Ефремов, Ефремова, 1975).

К концу семидесятых годов XX века площадь производственных культур сосны обыкновенной уже составила более 90% от общей площади всех культур хвойных пород-интродуцентов на Камчатке. По мнению лесной науки, значение этих культур, как меры по восстановлению лесов, было тогда, да и остается на данный момент – ничтожным, но, как опыт интродукции древесных пород в производственных масштабах, является беспрецедентным.

К началу 2015 г. возраст многих посадок сосны достиг уже 43–53-летнего возраста. Но, фактически, последние 25–30 лет системные наблюдения за их развитием и состоянием лесной наукой не проводились. Поэтому, проведение исследований по данной тематике представляется весьма актуальным.

*Основной целью* данной исследовательской работы является проведение, по крайней мере в течение 5 лет, разносторонней оценки состояния имеющихся культур сосны обыкновенной, и определение лесохозяйственной перспективности возможного создания и расширения сети долговременных производственных искусственных насаждений сосны в центральной части Камчатского полуострова.

Для этого нами проводится сбор данных по биологии развития, темпам роста исследуемой породы в условиях Центральной Камчатки. Сравнивая полученные результаты с аналогичными показателями естественных ареалов сосны обыкновенной, мы сможем решить поставленные в данной работе задачи.

В соответствии с целевой установкой была намечена следующая программа работ:

1. Осуществить полевой сбор исследовательского материала: оценить санитарное состояние культур, семеношение, произвести морфометрические измерения модельных деревьев – высоту в м, диаметр на высоте груди в см, ежегодный прирост в см.

### **Методика и материал**

Полевой сбор исследовательского материала для данной статьи проводился в 2011, 2012 и 2014 годах в сентябре и октябре месяцах на трех заложенных в 2011 году пробных площадях на участках лесных культур сосны обыкновенной в центральной части Камчатского полуострова.

Исследовательские работы проводились по методикам, предложенным и разработанным Камчатской лесной опытной станцией ДальНИИЛХ, а также общепринятым методикам учета лесных культур, в частности: Огиевский В.В., Хиров А.А. Обследование и исследование лесных культур (методическое пособие для лесоводов). Л., 1967 год [5].

Указанные работы проводились на территории лесокультурного фонда бывших Эссовского и Крапивненского лесничеств бывших Быстринского и Козыревского опытно-показательного лесхозов. Объектами исследований служили разновозрастные посадки сосны обыкновенной.

*Участок № 1.* Культуры сосны обыкновенной, 1980 г. закладки. Участок расположен в средней части долины р. Быстрой, на 8-м километре автодороги Эссо-Анавгай, с правой стороны от автодороги, на высокой террасе по левому берегу р.Быстрой, на бывшем сельскохозяйственном поле. Высота над уровнем моря – 430 м. Рельеф ровный, долина полого понижается в северо-восточном направлении. Культуры посажены в борозды, густо заросли каменноберезовым молодняком и различными видами кустарников.

*Участок № 2.* Культуры сосны обыкновенной 1978 г. закладки. Участок расположен примерно в 0,5 км от южной окраины с. Эссо, на землях госземзапаса, в междуречье рек Быстрая и Уксичан, на бывшем сельскохозяйственном поле. Высота над уровнем моря – 501 м. Рельеф – полого-увалистый. Культуры загущенные, посажены в борозды, густо заросли молодняком каменной березы и различными кустарниками.

*Участок № 3.* Культуры сосны обыкновенной 1972–1973 гг. закладки. Участок расположен в послепожарном молодняке белой березы и лиственницы, в 70 км восточнее п. Эссо, на обширной долине р. Камчатки, в 4-5 км от левого берега, в 10 км восточнее бывшего п. Крапивная. Вы-

сота над уровнем моря – 140 м. Рельеф – ровный. Культуры посажены в борозды, густо заросли молодняком белой березы, лиственницы и различными кустарниками.

### Опыт создания лесных культур сосны

Климатические условия интродукции в центральной и южной частях полуострова характеризуются:

- низкой теплообеспеченностью;
- повышенной или достаточной увлажненностью;
- нестабильностью сезонных погодных условий;
- высокой зимней солнечной инсоляцией.

Почвы легкие, относительно бедные.

Для интродукции растений в *центральной части* полуострова значим оказывается фактор глубокого и длительного сезонного промерзания почвы, а для *южной части* полуострова – сильные ветры [2].

Опыт создания лесных культур сосны на *западном* и *восточном* побережьях оказался, в основном, отрицательным. Культуры в 12-15-летнем возрасте начинали усыхать и, в дальнейшем, погибали. По заключению научного сотрудника Института леса и древесины Сибирского отделения Академии Наук И.С.Коссинской, это явилось следствием заражения сосны сумчатым грибом, переносчиком которого служит кедровый стланик [1]. Свою роль сыграло и то, что лесные культуры в данных районах в большинстве создавались на типично нелесных площадях (аласы (биологические редины), сухие и мокрые тундры, свежие вулканические отложения, периодически затопляемые участки и т.п.). Затем, в условиях морского климата побережий для хвойных вечнозеленых растений проявился ряд специфических факторов риска.

Таковыми явились, например, частые и продолжительные оттепели в зимне-весеннее время. Так, в некоторые годы, в период с февраля по апрель, количество дней с положительной среднесуточной температурой может достигать 20 и больше, а в то же время поздние весенние заморозки возможны и в июне. Действие повышенных температур в дневное время в ранневесенний период провоцирует выход ассимиляционного аппарата растений из состояния покоя, в результате чего резко снижается морозостойкость хвои верхней, лишенной защиты снежным покровом части дерева, а также происходит ее обезвоживание. Ежегодно начинает наблюдаться значительное повреждение хвои. Часть хвои на главных побегах весной бурееет или желтеет, и к осени опадает. При этом чем большее количество дней с положительной среднесуточной температурой, тем большее количество поврежденной хвои. Это явление наблюдается не только на посадках сосны, но также ели и пихты. Усилению данного эффекта способствует и напряженный ветровой режим погоды, обычный в климатических условиях юга Камчатки: сильные ветры определенного направления вызывают физиологическое иссушение части хвои. В результате образуется специфическая ветровая форма габитуса сосны: при хорошем развитии нижней части кроны, защищенной зимой снежным покровом, ось нарастания утрачена или деградирована.

Состояние культур сосны в *центральной части* полуострова оказалось гораздо лучше. Однако и здесь, на открытых участках по гарям и аласам, молодые побеги сосны повреждались заморозками и погибали практически ежегодно, в результате растения приобретали форму куста. Вследствие сильного разрастания боковых ветвей, сосна начала значительно страдать от снеголома. На некоторых участках культур количество поврежденных деревьев достигало 93 и более процентов. В условиях длительной сезонной мерзлоты, из-за недостаточной глубины корнепроницаемого слоя, у сосны начинает формироваться аномальная корневая система. При раскопках корневых систем было выявлено, что примерно с 10-летнего возраста, а зачастую – и раньше (в загущенных посадках), у сосны начинают усиленно развиваться поверхностные корни, при замедленном росте стержневого корня. У обследованных экземпляров длина поверхностных корней в 5–8 раз превышала длину стержневых корней. Это приводит, в дальнейшем (при достижении возраста 15–20 лет), к несоответствию между корневой и надземной частью дерева: надземная часть дерева оказывается слишком тяжелой для слабой корневой системы, и, как следствие, наблюдается значительный вывал деревьев. Этому явлению способствует и общая рыхлость образующейся древесины из-за быстрого роста сосен (в некоторые годы ежегодный прирост составлял до 70 и более см).

В целом на основании многолетнего производственного опыта создания лесных культур сосны обыкновенной, лесной наукой еще в конце 1960-х – начале 1970-х годов был сделан вывод, что лесорастительные условия на Камчатке не способствуют формированию высокопроизводительных насаждений сосны [1]. Значительная (если не большая) часть заложенных с начала 1960-х годов культур так и не была переведена в лесопокрытую площадь, а просто списана по разным причинам. Лишь некоторые участки культур сосны (в основном – в центральной части полуострова) характеризовались хорошей приживаемостью, ростом и устойчивостью к неблагоприятным условиям среды. Причины этого до конца не выяснены, хотя установлено, что там, где культуры сосны созданы под пологом леса и из семян, завезенных из северных районов страны, они обладают лучшими качественными показателями (но, опять же – не всегда). Очень часто происхождение семян не находило отражения в книге учета лесных культур, и завоз лесных семян нередко проводился из районов, географически несовместимых с Камчаткой (с Украины, Поволжья и проч.), что приводило к заведомой гибели создаваемых культур [4]. В итоге, в подавляющем большинстве, культуры сосны не образуют не только высокопроизводительных, но даже и нормальных древостоев.

Поэтому, в середине 1970-х годов, лесоводственной наукой сосна обыкновенная была признана *бесперспективной* в качестве лесообразователя на всей территории Камчатки. В виду хороших показателей роста в первые 10–15 лет жизни, тогда было рекомендовано ее выращивание на плантациях строго определенного назначения (на новогодние букеты, например), а в континентальных районах и в южной части полуострова – в защитных и декоративных посадках [1, 2].

### Результаты исследований

В июле и сентябре 2011 г. на территории Природного парка Быстринский и прилегающей к нему равнинной части долины р. Камчатки (где многолетние опыты по интродукции сосны оказались наиболее успешными) мы провели рекогносцировочные работы, выбрали 3 пробные площадки на культурах сосны обыкновенной в разных лесорастительных условиях, промаркировали белой краской 200 модельных деревьев, и провели изучение биоэкологии сосны обыкновенной: натурно обследовали объекты, собрали материалы по морфометрии экземпляров сосны различного возраста, изучили темпы их роста, текущее состояние.

В целом же общее санитарное состояние обследованных в 2011 г. культур нам представилось как малоудовлетворительное. Особенно безрадостная картина была отмечена на участках № 1 и № 2. Сосны были посажены в борозды, культуры получились очень загущенными, в связи с чем большое количество деревьев имеют желтую, поврежденную или значительно осыпавшуюся хвою, имеют наклоны ствола в стороны от прохождения борозды, много усохших, выпавших экземпляров, на части уже бывших площадей культур сосна вообще больше не встречается, исчезнув, практически, бесследно. Пробную площадь № 1, в итоге, мы вообще признали не пригодной для многолетних наблюдений – слишком большие промежутки между сохранившимися куртинами сосны, и очень мало оставшихся в удовлетворительном состоянии деревьев. Большинство живых деревьев угнетены конкуренцией с твердолиственными породами и соседними соснами, которые тоже угнетены. Выбрать модельные экземпляры для наблюдения было, фактически, не из чего.

По результатам полученных данных по биометрии сосны на трех участках, по результатам наблюдений 2011 г., мы рассчитали ход развития этих культур за весь период их существования. Было выяснено следующее. Наиболее низкие среднемноголетние темпы роста из трех обследованных участков показали культуры на п/п № 2: они прирастали примерно по 0,17 м в год, а на участках 1 и 3 культуры росли примерно с одинаковой скоростью – по 0,23 м в год. При этом следует заметить, что участки 1 и 3 расположены на расстоянии почти 70 км друг от друга, в совершенно различных климатических, почвенных, лесорастительных условиях: участок № 1 – в среднегорье, участок № 3 – на равнине. Однако, по ежегодным приростам запаса древесины, все-таки наиболее продуктивно развивались культуры на равнинном участке № 3 – ежегодный среднемноголетний прирост запасов на 100 средних деревьев составил 0,124 куб. м; участок № 1 отстал по этому показателю более чем на 12% – 0,109 куб. м; и, на последнем месте по продуктивности – снова участок № 2 – запас древесины на данном участке увеличивался всего на 0,082 куб. м в год на 100 средних деревьев (что более чем в 1,5 раза ниже, чем на участке № 3).

По результатам наблюдений 2014 г. на участках культур № 2 и № 3 были получены следующие итоговые данные.

Первое, что нами было отмечено на участке № 2 – это большое количество упавших, поврежденных и вообще засохших модельных деревьев. А еще осенью 2011 г. все они были в нормальном здоровом состоянии, без повреждений грызунами. Общее количество выпавших из наблюдений модельных деревьев за этот короткий период составило, таким образом, 19 экземпляров – почти пятая часть всех промаркированных. У порядка 10–15% модельных экземпляров на участке наблюдаются повреждения комля ствола мышевидными грызунами. По результатам измерений 2014 г. оставшихся в живых экземпляров, средняя их высота выросла с 2012 г. относительно слабо – всего на четверть метра, составив 7,05 м, средний диаметр за тот же период вырос почти на 1 см, и составил 14,7 см. Приблизительный запас древесины на всем обследованном участке (на 100 средних деревьев) в 2014 г., достиг 4 куб. м, средняя протяженность кроны модельных деревьев составила 70%.

Санитарное состояние деревьев на участке № 3 мы признали удовлетворительным. Среди промаркированных модельных деревьев упавших, засохших или усыхающих, пожелтевших, наклонившихся или поврежденных экземпляров не отмечено. За три сезона (2012, 2013 и 2014 гг.), прошедших с момента последних наблюдений 2011 года на обсуждаемом участке, средняя высота данных культур выросла на 1,4 метра – с 9,5 м в 2011 г., до 10,9 м по итогам сезона 2014 г., т. е. в среднем, культуры прирастали почти по 0,47 м за сезон, что является очень не плохим темпом роста. Средний диаметр за это же время вырос на 1,4 см – с 14,3 см в 2011 г. до 15,7 см в 2014 г.. Приблизительный запас древесины на всем обследованном участке (на 100 средних деревьев) в 2014 г. был вычислен в размере 7 куб. м, увеличившись за три сезона весьма значительно – почти на 2 кубометра. Средняя протяженность кроны у модельных сосен на обследуемых культурах составила в 2014 г. около 63%.

### Вывод

Из этого краткого анализа мы пришли к заключению, что наиболее благоприятные лесорастительные условия для роста сосны данных (невыясненных) климатипов наблюдаются на участке № 3, расположенном в равнинной части долины р. Камчатки на вырубке в лиственничнике (н.у.м. 140 м, лесная площадь), а самые пессимальные – на участке № 2, заложенном на алесе (нелесная площадь) в горной части южнее с. Эссо (н.у.м. 501 м).

### Литература

1. *Ефремов Д.Ф.* Изученность, опыт и задачи лесовосстановления на Камчатке. Аналитический обзор/ Ефремов Д.Ф. – Петропавловск-Камчатский: Камчатский ЦНТИ, № 4–81. – 1981. – 24 с.
2. *Ефремова Л.С., Ефремов Д.Ф.* Культуры сосны обыкновенной на Камчатке / Ефремова Л.С., Ефремов Д.Ф.// Лесное хозяйство. – 1975. – № 4. – С.53–55.
3. *Коллегов Е.П.* Сосна обыкновенная на Камчатке / Коллегов Е.П. // Вопросы географии Камчатки. Вып. 8 – 1982. – С. 82–84.
4. *Коллегов Е.П., Нестерова В.А.* Выращивание посадочного материала хвойных пород для географических культур в долине р. Камчатки / Коллегов Е.П., Нестерова В.А. // Рациональное использование и повышение продуктивности лесов Камчатки. – Петропавловск-Камчатский, 1977. – С. 34–36.
5. *Огиевский В.В., Хитров А.А.* Обследование и исследование лесных культур. Методическое пособие для лесоводов / Огиевский В.В., Хитров А.А. – М.: Лесная пром-ть, 1964. – 50 с.

УДК 556.38.04(571.66)

**Б.А. Опрышко<sup>1</sup>, В.А. Швецов<sup>2</sup>, О.А. Белавина<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Петропавловский водоканал,  
Петропавловск-Камчатский, 683009,*  
<sup>2</sup>*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: BAOpryshko@pkvoda.ru,  
e-mail: oni@kamchatgtu.ru*

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОНИТОРИНГА ПОДЗЕМНЫХ ПРЕСНЫХ ВОД БЫСТРИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Описываются мероприятия по автоматизации процедуры режимных наблюдений гидрогеологических характеристик подземных вод для повышения эффективности мониторинга подземных вод на месторождении и снижения затрат на его проведение. Приведены результаты мониторинга Быстринского месторождения питьевых подземных вод за 2014–2015 гг.

**Ключевые слова:** наблюдательная скважина, мониторинг, месторождение, водоснабжение, подземные воды, автоматизация, датчик, levellogger.

**B.A. Opryshko<sup>1</sup>, V.A. Shvetsov<sup>2</sup>, O.A. Belavina<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*PetropavlovskyVodokanal,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683009;*  
<sup>2</sup>*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: BAOpryshko@pkvoda.ru,  
e-mail: oni@kamchatgtu.ru*

## **STRENGTHENING OF FRESH GROUNDWATER MONITORING AT BYSTRINSKOYE DEPOSIT**

Measures for automating observations of groundwater hydrogeological characteristics to improve the efficiency of groundwater monitoring in the field and to reduce its cost are described. The results of drinking groundwater monitoring at Bystrinskoye deposit for 2014-2015 are given.

**Key words:** observation hole, monitoring, field, watersupply, groundwater, automation, sensor, levellogger.

Для организации территории опережающего социально-экономического развития в Камчатском крае необходимы дополнительные источники питьевой воды. Наиболее перспективным источником является Быстринское месторождение питьевой воды [1].

Для повышения эффективности мониторинга подземных вод на месторождении и снижения затрат на его проведение, необходимо автоматизировать процедуру режимных наблюдений гидрогеологических характеристик подземных вод [2, 3].

С целью решения этой проблемы, создан творческий коллектив, состоящий из работников ГУП «Петропавловский водоканал», сотрудников, курсантов и студентов КамчатГТУ.

Автоматизированная наблюдательная гидрогеологическая сеть создавалась с августа 2014 г. по ноябрь 2015 г. Четыре датчика Levellogger Edge, предназначенные для измерения уровня и температуры подземных вод установлены в скважинах № 70; 69; 103; 59; регистрируют характеристики перпендикулярно потоку подземных вод; установленный над поверхностью воды в скважине № 70 барометрический датчик Barologger предназначен для компенсации показаний с датчиков Levellogger. Датчики, установленные в скважинах № 70; 69; 103; 59; запрограммированы на снятие показаний через каждые двенадцать часов (в 6-00 и 18-00) до 1 июня 2016 г.

Схема размещения датчиков в скважинах №№ 70; 69; 103; 59; приведена на рис. 1. Продольный профиль автоматизированной наблюдательной сети приведён на рис. 2.

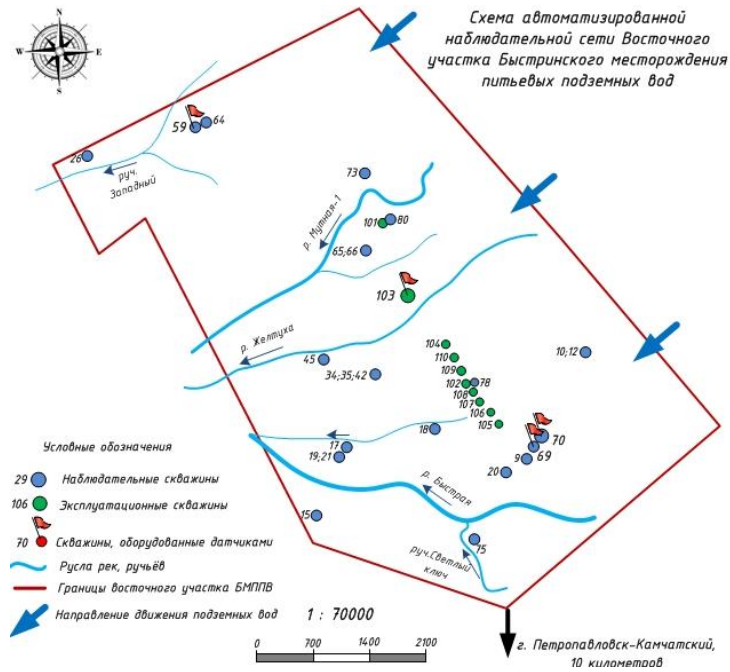


Рис. 1. Схема размещения датчиков в скважинах № 70; 69; 103; 59

ПРОДОЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ НАБЛЮДАТЕЛЬНОЙ СЕТИ БЫСТРИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПИТЬЕВЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД (участок Восточный)

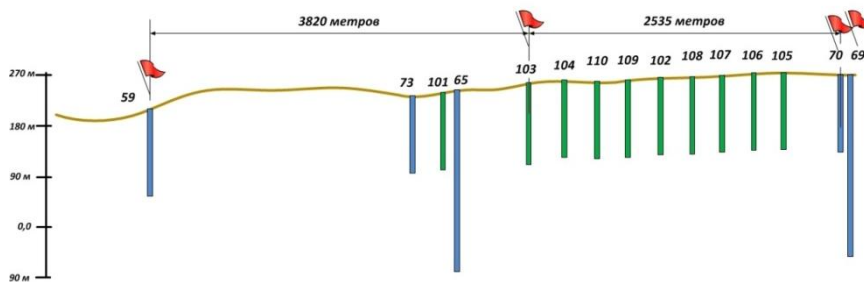


Рис. 2. Продольный профиль автоматизированной наблюдательной сети

Результаты измерений уровней воды в скважинах № 70 и № 103, расположенных на расстоянии 2,5 км друг от друга, приведены на рис. 3. В результате сравнения статических уровней подземных вод в скважинах № 70 и № 103 установлена синхронность изменения гидрогеологических показателей подземных вод. Что в свою очередь подтверждает достоверность результатов мониторинга.

Статические уровни подземных вод в скважине № 103 (I) и скважине № 70 (II), см от поверхности земли

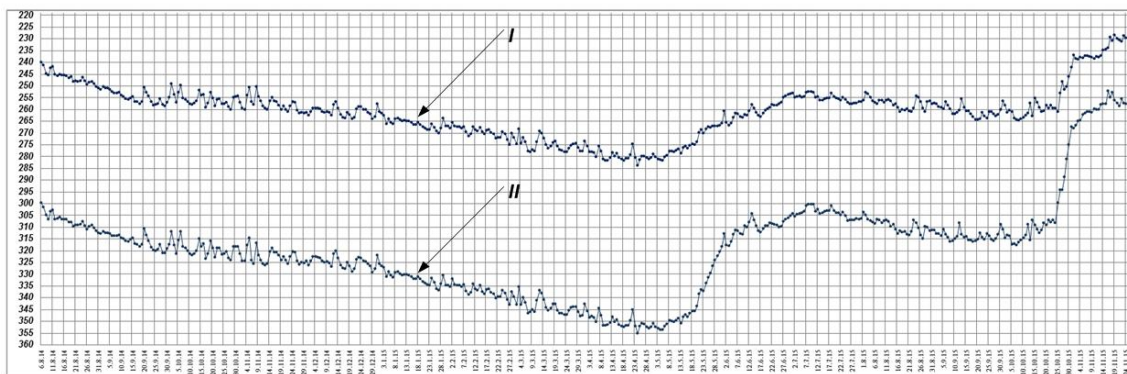


Рис. 3. Результаты измерений уровней воды в скважинах № 70 и № 103

### Литература

1. *Опрышко Б.А.* Освоение восточного участка Быстринского месторождения пресных подземных вод, проблемы и перспективы развития / Б.А. Опрышко, В.А. Швецов, О.А. Белавина // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование: Материалы IV Всерос. науч.-практ. конф. (18–22 марта 2013 г.) / Отв. за вып. Н.Г. Клочкова. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2013. – С. 43–46.
2. *Опрышко Б.А.* Создание стратегического резерва питьевой воды на базе Быстринского месторождения подземных вод / Б.А. Опрышко, В.А. Швецов, О.Е. Петренко, О.А. Белавина // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование: Материалы V Всерос. науч.-практ. конф. (25–27 марта 2014 г.) / Отв. за вып. Н.Г. Клочкова. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2014. – Ч. II. – С. 132–134.
3. *Опрышко Б.А.* Оптимизация сети наблюдательных пунктов для изучения режима питьевых подземных вод Быстринского месторождения / Б.А. Опрышко, В.А. Швецов, Ю.Н. Фионов, Д.А. Цыганов, О.А. Белавина // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование: Материалы VI Всерос. науч.-практ. конф. (24–26 марта 2015 г.) / Отв. за вып. Н.Г. Клочкова. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2015. – Ч. I. – С. 115–118.
4. *Опрышко Б.А.* Муниципальное унитарное предприятие Петропавловск-Камчатского городского округа «Петропавловский водоканал» / Б.А. Опрышко // Отчёт о выполненных работах на Восточном участке Быстринского месторождения питьевых подземных вод в 2014 г. – Петропавловск-Камчатский, 2015. – 72 с.
5. *Опрышко Б.А.* Муниципальное унитарное предприятие Петропавловск-Камчатского городского округа «Петропавловский водоканал» / Б.А. Опрышко // Отчёт о выполненных работах на Восточном участке Быстринского месторождения питьевых подземных вод в 2015 г. – Петропавловск-Камчатский, 2016. – 35 с.

УДК 628.16.067.3

**В.В. Потапов<sup>1</sup>, А.Е. Бровкин<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН,  
Петропавловск-Камчатский, 683012;

<sup>2</sup>Петропавловский водоканал,  
Петропавловск-Камчатский, 683017  
e-mail: vadim\_p@inbox.ru

## МЕМБРАНЫ В ОЧИСТКЕ ВОДЫ – ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Мембранные технологии – одно из развивающихся направлений науки и техники. Они нашли самое широкое распространение во многих отраслях промышленности. Мембранное фильтрование является перспективным способом очистки природных и сточных вод. Развитие мембранных технологий тесно связано с развитием производства мембран и мембранных фильтров. Преимущества мембранных фильтров – малый размер и вес, простота обслуживания, высокая эффективность, автоматизация технологического процесса. При эксплуатации мембранной техники возникает проблема риска образования твердых отложений на мембранном слое, которая требует контроля и проведения периодических промывок химически усиленными средами.

**Ключевые слова:** мембранная технология, мембранные фильтры, микрофильтрация, ультрафильтрация, нанофильтрация, обратный осмос.

**V.V. Potapov<sup>1</sup>, A.E. Brovkin<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Research Geotechnological Center FED RAS,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683012;

<sup>2</sup>Petropavlovsky Vodokanal  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683017)  
e-mail: vadim\_p@inbox.ru

## MEMBRANE IN WATER PURIFICATION – HISTORY AND PROSPECTS

Membrane technology is one of the most developing areas of science and technology. They are widely used in many industries. Membrane filtration is a promising way of natural and waste water treatment. Membranes are used. The history of the development of membrane technologies is closely linked to the development of membranes and membrane filter production. The advantages of membrane filters are small size and weight, easy maintenance, high efficiency. The main drawback is the risk of hard deposit formation on membranes. It takes control and regular washing with chemically reinforced medium.

**Key words:** membrane technology, membrane filters, microfiltration, ultrafiltration, nanofiltration, reverse osmosis.

### Введение

В последние годы, с ростом количества населения, развитием городской инфраструктуры и промышленности всё большую актуальность приобретает вопрос их обеспечения водой надлежащего качества и объема при обеспечении нормативов по экологической обстановке. К тому же реалии современной жизни диктуют необходимость решения данного вопроса с наименьшими энергозатратами. Это побуждает научный мир разрабатывать и развивать технологии нового поколения во всех отраслях знания, в том числе в вопросах очистки воды. Актуальность необходимости развития промышленного применения современных мембранных технологий для решения задач водоснабжения и водоотведения продиктована вышеуказанными условиями.

Мембранное фильтрование является одним из самых перспективных способов очистки природных и сточных вод, при этом мембранные фильтры без всякой натяжки можно смело назвать фильтрами нового поколения. В настоящий момент данный тип фильтров находит все большее применение в различных регионах нашей страны и за рубежом.



Мембранные фильтры обладают рядом преимуществ, в числе которых можно указать малый размер и вес, простоту обслуживания не требующей привлечения большого штата обслуживающего персонала высокой квалификации, хорошая применимость на производстве, при этом получается вода с более высокими физическими и бактериологическими показателями (применение «абсолютного барьера»). Более подробно преимущества мембранных технологий указываются ниже.

В то же время мембранные фильтры имеют свои недостатки: риск образования отложений на мембранах и их засорение (что приводит к повышенным затратам энергии при эксплуатации), сравнительно высокая стоимость самих мембран.

Целью данной работы является рассмотрение этапов истории развития мембранных технологий в очистке воды, состояние на сегодняшний день и обсуждение перспектив развития этого вопроса.

Мембранные фильтры широко применяются практически во всех отраслях человеческой деятельности. Их значение трудно переоценить. Они показывают очень хорошие результаты при применении для очистки природных вод и некоторых видов сточных вод, включая удаление из воды взвешенных веществ, коллоидов, растворенных органических веществ, патогенных организмов. Их конструкции постоянно совершенствуются, а технологии производства развиваются, что приводит к увеличению эффективности очистки воды мембранами при сокращении затрат.

### **История развития мембранных технологий очистки воды**

Несмотря на то, что широко мембранные фильтры стали применяться относительно недавно, идея эта не нова. Первая научная публикация по этой теме состоялась в 1748 г. в Париже, и принадлежит аббату и ученому Жану Антуану Нолле, где говорилось об открытии проницаемости мембраны из свиного пузыря для частичек воды в 1688 г. де ля Иром (de la Hire) [1].

Научное изучение процессов, происходящих при мембранном фильтровании началось лишь в начале XX в. До начала 1930-х годов о мембранах имелись весьма незначительные сведения. Знания о мембранах не были организованы и систематизированы.

В 60-х годах XIX в. М. Траубе разработал «полупроницаемые» осажденные мембраны из ферроцианида меди, которые, в основном, использовались другими учеными в исследованиях по теории растворов – в частности ботаником Пфедфером в 1877 г., Вант-Гоффом в 1887 г. и др. В то время считалось, что применение полупроницаемых мембран весьма затруднительно и малопригодно для практических целей.

В 1867 г. Беккерель впервые описал механизм «электрокапиллярного явления», заложив основу теории мембранных процессов. Вильгельм Оствальд, один из основоположников физической химии, в 1890 г. и Ф. Браун в 1891 г. первые попытались описать мембранные процессы в современной трактовке с точки зрения только что разработанной в то время ионной теории растворов электролитов.

В 20-х годах XX века появившиеся понятия «мембранные фильтры» и «ультрафильтры» употреблялись для части изготавливаемых в то время очень плотных фильтров. В этот период большой вклад в изучение мембранных процессов внес профессор берлинского института физической химии Герберт Фрейндлих и его сотрудники, в частности Карл Солнер. С этого времени к изучению мембранных процессов начинают проявлять все большее внимание ученые и исследовательские лаборатории. Появляются научные труды по этой теме. К середине 30-х годов XX в. стало ясно, что исследования физико-химии мембран имеют серьезные перспективы [2].

Применение мембранных фильтров для очистки воды берет свое начало от 60-70-х годов XX в. Толчком к этому послужило изобретение синтетических мембран. В дальнейшем технологии водоочистки с применением мембран находили все более широкое применение в результате совершенствования технологий производства, и, как следствие, возрастания ассортимента мембран и их качества на рынке [3].

Схема работы мембранного фильтра (разделение потоков фильтрата и концентрата) представлена на рис. 1.

В 1962 г. в Калифорнийском университете в Лос-Анджелесе была изобретена первая обратноосмотическая мембрана высокого давления [4].

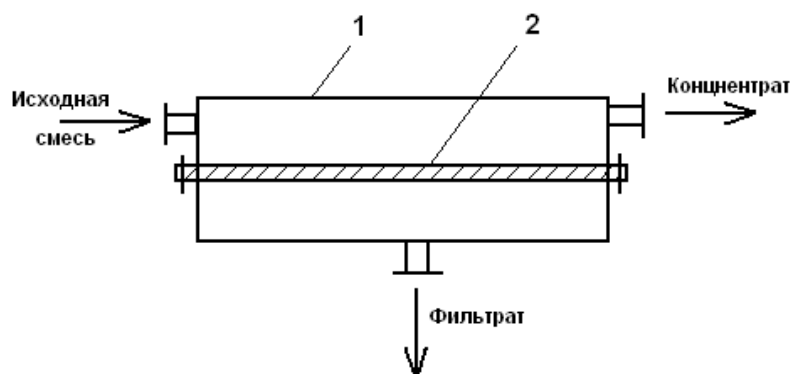


Рис. 1. Схема процесса разделения смеси на полупроницаемой мембране  
1 – аппарат; 2 – мембрана

В 70-е годы XX в. мембранные технологии стали с успехом применяться для обессоливания природных вод, проведения анализов состава воды [5, 6, 7].

В 90-х годах мембранные технологии стали все чаще заменять традиционные методы для очистки и дезинфекции природных и сточных вод [8, 9, 10].

Однако, как и все новые технологии, мембранная фильтрация тоже испытала трудности на пути внедрения в производство, в частности – трудности в освоении персоналом [11].

К концу XX века мембраны уверенно начинают выходить в лидеры на рынке технологий по очистке воды. Об этом говорит неуклонно возрастающий интерес к ним в научном мире, выражающийся в увеличении год от года количестве научных трудов по этой теме.

В России рост применения мембран (особенно в последние 10–15 лет) не только не уступает зарубежному, но даже превосходит его. Так, если в 2002 г. объем потребления на рынке мембран в РФ составлял 96 млн USD, то уже в 2007 г. – 200 млн USD, а в 2012 г. – 365 млн USD [12].

На сегодняшний день мировые темпы роста потребности в мембранном оборудовании для очистки воды существенно выше, чем для других видов оборудования в этой отрасли.

### Мембраны в очистке воды сегодня

В настоящее время для очистки воды применяется огромное количество видов мембран, различающихся по структуре на органические (полимерные) и неорганические (однородные, асимметричные, композитные). По функциональному назначению применяют мембранные фильтры осветления и обессоливания.

Благодаря совершенствованию технологий изготовления и эксплуатации не только мембран различных классов, но и приборного оснащения, арматуры, систем автоматики, для очистки воды все более широко применяются такие мембранные технологии, как: микро-, ультра-, нано-фильтрация и обратный осмос. Диапазон их применения в зависимости от состава исходной воды представлен на рис. 2 [13–15].

В водоснабжении широкое применение нашли мембраны осветления с размером пор в диапазоне 0,01–1 мкм. Данный тип мембран обеспечивает приемлемый поток воды и достаточную степень очистки (в основном от взвешенных частиц, определяющих мутность воды).

В настоящее время применение мембранных технологий дает следующие преимущества:

- при изменениях параметров исходной воды (температура, мутность, цветность и т. д.) – устойчивые параметры очистки;
- высокая энергоэффективность;
- существенная экономия производственных площадей;
- возможность очистки воды до необходимых параметров на одной ступени;
- возможность легко наращивать объемы производства установкой дополнительных модулей;
- высокий уровень автоматизации производства;
- возможность удаления простейших бактерий и вирусов;
- возможность осветления применения (для вод с небольшим количеством взвешенных веществ неколлоидного характера);
- возможность опреснения морской воды при минимальных затратах.

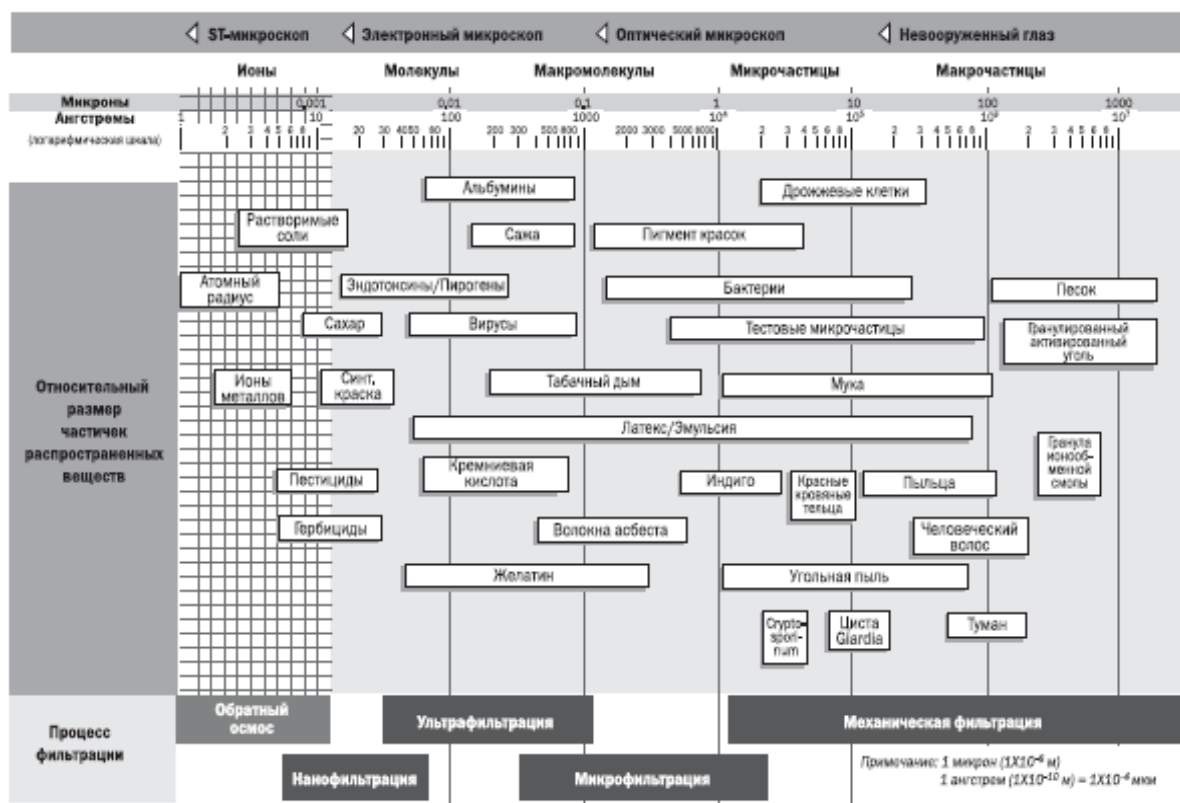


Рис. 2. Фильтрующая способность мембран

Для повышения технологичности при эксплуатации мембран применяется большой ассортимент единичных устройств, называемых модули или элементы. Цель их применения - обеспечить удобство промывки, прочистки, обеззараживания, легкость обслуживания и автоматизацию технологического процесса при применении мембранных фильтров. Также задачей мембранных модулей является обеспечение как можно большей площади поверхности мембран на единицу объема, равномерного распределения жидкости над поверхностью мембраны, достаточно высокой скорости течения (для уменьшения влияния концентрационной поляризации), механической прочности, герметичности и т. д. Создание универсального устройства, удовлетворяющего всем требованиям в полном объеме невозможно, поэтому на практике нашли применение четыре основных типа конструкций модулей по способу укладки мембран: плоскокамерные, с трубчатыми фильтрующими элементами, с рулонными или спиральными фильтрующими элементами и с мембранами в виде полых волокон.

Примеры некоторых конструкций единичных устройств, применяемых для микро- и ультрафильтров, представлены на рис. 3, 4, 5.

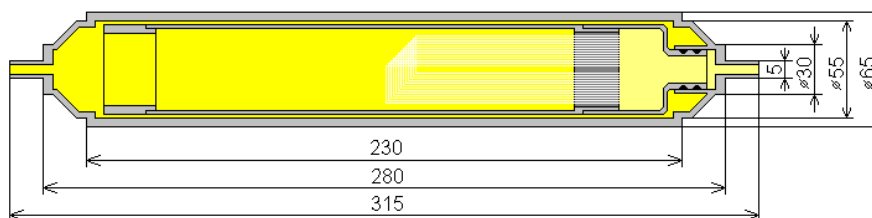


Рис. 3. Конструкция плоскокамерного ультрафильтрационного мембранного фильтра

Фирмы-производители прилагают большие усилия для создания мембран большей эффективности. Внедрение в производство мембран «низкого давления» снизило энергозатраты при их применении в 2 раза. Цена мембран также упала почти в 2 раза. Область применения мембран существенно расширилась с совершенствованием ингибиторов. В результате затраты на 1 м<sup>3</sup> очищенной мембранами воды в 2012 г. по сравнению с 1997 г. упали на 45%, а с 1995 – более чем на 90% [15, 2, 12].

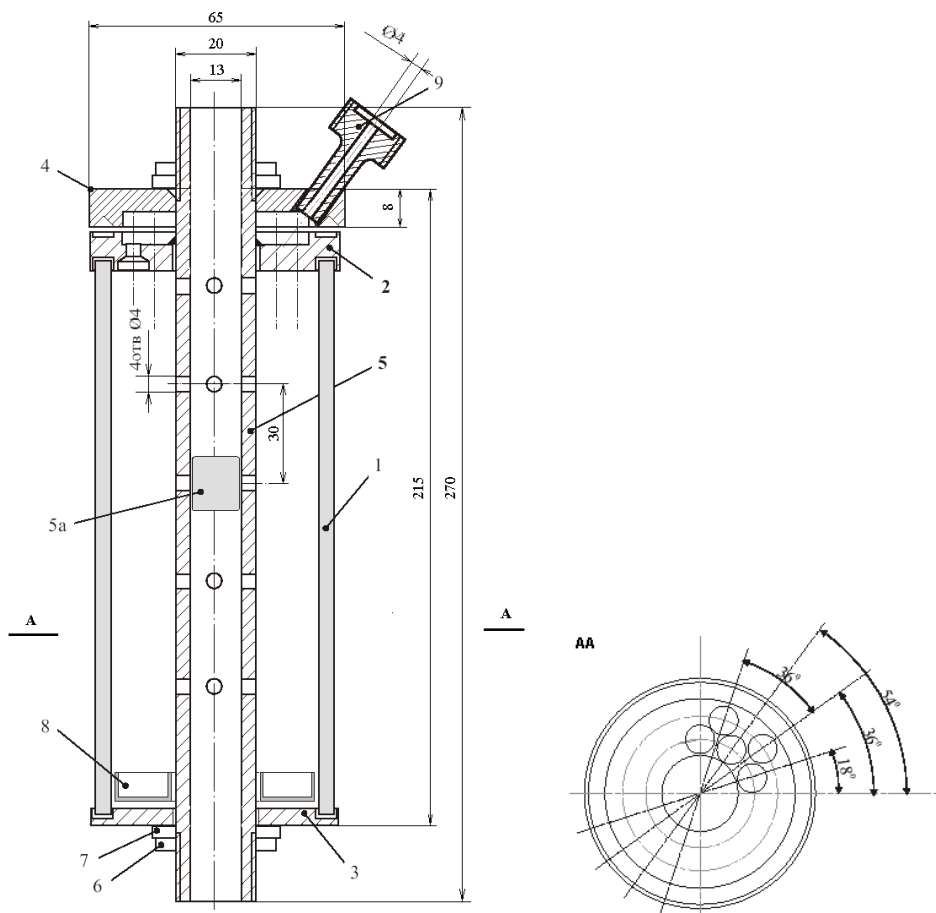


Рис. 4. Конструкция трубчатого керамического мембранного фильтра:  
 1 – корпус, 2 – трубная решетка, 3 – крышка, 4 – крышка фильтра,  
 5 – центральная распределительная труба, 5а – втулка, 6 – гайка,  
 7 – шайба, 8 – стакан, 9 – штуцер

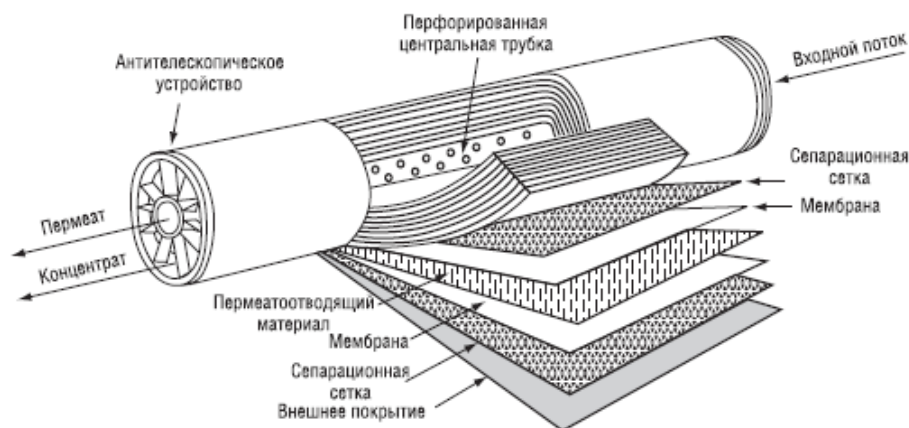


Рис. 5. Конструкция рулонного мембранного элемента

В условиях нарастающего дефицита пресной воды мембраны хорошо зарекомендовали себя в технологических схемах оборотного водоснабжения [13].

Мембранные технологии имеют хорошие показатели при применении для обессоливания воды (в том числе морской). В 2005 году в Израиле (в городе Ашкелоне) запущена в эксплуатацию установка опреснения морской воды на мембранах высокого давления производительностью 330 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Качество очистки воды мембранами превосходит качество очистки традиционными методами, также мембраны обеспечивают более устойчивое протекание процесса [16].

Примером применения безреагентного фильтрования природной воды может служить завод питьевой воды «La Jatte» в Руане (Франция), где применяется метод ультрафильтрации с производительностью 24 тыс. м<sup>3</sup>/сут. [17].

В нашей стране по технологии мембранной очистки воды построена и функционирует Юго-Западная станция водоподготовки г. Москвы, производительностью 250 тыс. м<sup>3</sup>/сутки. [18].

Решение о строительстве этой станции было принято в 2003 г. Для очистки воды до уровня европейских стандартов была применена комбинированная система очистки, в которую входит озонирование, сорбция и мембранное фильтрование. Данная система позволяет практически полностью удалять из воды микроорганизмы и органические соединения антропогенного происхождения.



Рис. 6. Зал мембранного фильтрования Юго-Западной станции водоподготовки г. Москвы

Запуск данного (пока, к сожалению, уникального) объекта состоялся 8 ноября 2006 г. Зал мембранных фильтров этой станции представлен на рис. 6 [19, 20].

### **Перспективы мембранных технологий в очистке природных и сточных вод. Обсуждение вопроса**

Говоря о перспективах развития мембранных технологий в мире (в том числе – в РФ) необходимо отметить, что развитие технологий в области водоснабжения и водоотведения будет напрямую зависеть от развития человечества. С одной стороны неизбежный рост численности населения будет приводить к постоянному увеличению спроса на воду питьевого качества, с другой – неуклонное сокращение источников чистой пресной воды будут приводить к необходимости создания новых систем водоснабжения большей производительности. Со временем также будет все сильнее ощущаться нехватка энергоресурсов, чему способствует жизненная философия общества потребления. Люди (в том числе из стран так называемого «3-го мира») будут стремиться жить во все более и более комфортных условиях (что уже показывают последние события в Европе). Значит, технологии по обработке и подаче воды должны будут стремиться к использованию энергосберегающих технологий. По всей видимости, все чаще начнут применяться оборотные системы водоснабжения.

В этой стези применение мембранных технологий, по мнению авторов, будет занимать все большее место в рассматриваемой отрасли. Способствовать этому будут те преимущества, которые были указаны в начале статьи. Со временем технологии производства и эксплуатации мембранных фильтров будут совершенствоваться, что будет уменьшать их недостатки и повышать достоинства. Возможно, что в обозримом будущем мембранные технологии станут основным методом очистки воды и вытеснят большую часть существующих на сегодняшний день традиционных методов.

### **Выводы**

1. Мембранные технологии обладают следующими преимуществами: при изменениях параметров исходной воды (температура, мутность, цветность и т. д.), устойчивые параметры очистки, высокая энергоэффективность, существенная экономия производственных площадей, возможность очистки воды до необходимых параметров на одной ступени, возможность легко наращивать объемы производства установкой дополнительных модулей, высокий уровень автоматизации производства, возможность удаления простейших бактерий и вирусов, возможность осветления без применения реагентов (для вод с небольшим количеством взвешенных веществ неколлоидного характера), возможность опреснения морской воды при минимальных затратах.

2. Основные недостатки мембранных фильтров: риск образования отложений на мембранах и их засорение (что приводит к повышенным затратам энергии при эксплуатации), сравнительно высокая стоимость самих мембран.

3. Мембраны показывают очень хорошие результаты при применении для очистки природных вод и некоторых видов сточных вод, включая удаление из воды взвешенных веществ, коллоидов, растворенных органических веществ, патогенных организмов.

4. Для очистки воды все более широко применяются такие мембранные технологии, как: микро-, ультра-, нанофильтрация и обратный осмос.

### Литература

1. Шапошник В.А. История мембранной науки. Часть 1. Диализ. Разделение газов вод // Мембраны. – 2000. – № 8. – С. 37–41.
2. Хванг С.-Т., Каммермейер К. Мембранные процессы разделения: Пер. с англ. / Под ред. проф. Дытнерского Ю.И. – М.: Химия, 1981. – 464 с.
3. Технический справочник по обработке воды: в 2 т. Т. 1. – СПб.: Новый журнал, 2007. – 816 с.
4. Френкель В.С. Мембранные технологии: прошлое, настоящее и будущее (на примере Северной Америки) // Водоснабжение и санитарная техника. – 2010. – № 8. – С. 48–55.
5. Desalting technology in pollution-control problems [Электронный ресурс] // AWWA/ – 1971. – URL: <http://www.environmental-expert.com/water-wastewater/membrane-filtration/articles> (дата обращения: 02.02.2016).
6. Procedures and equipment for the membrane filter technique [Электронный ресурс] // AWWA/ – 1977. – URL: <http://www.environmental-expert.com/water-wastewater/membrane-filtration/articles> (дата обращения: 02.02.2016).
7. A New membrane filter procedure for bacterial counts in potable water and swimming pool samples [Электронный ресурс] // AWWA/ – 1979. – <http://www.environmental-expert.com/water-wastewater/membrane-filtration/articles> (дата обращения: 02.02.2016).
8. Comparing ozonation and membrane separation for color removal and disinfection by-product Control [Электронный ресурс] // AWWA/ – 1991. – <http://www.environmental-expert.com/water-wastewater/membrane-filtration/articles> (дата обращения: 02.02.2016).
9. Membrane filtration fits the bill for winchester [Электронный ресурс] // AWWA/ – 1994. – URL: <http://www.environmental-expert.com/water-wastewater/membrane-filtration/articles> (дата обращения: 02.02.2016).
10. Cost estimates for membrane filtration and conventional treatment [Электронный ресурс] // AWWA/ – 1994. – URL: <http://www.environmental-expert.com/water-wastewater/membrane-filtration/articles> (дата обращения: 02.02.2016).
11. Getting comfortable with your reverse osmosis machine [Электронный ресурс] // AWWA/ – 1992. – URL: <http://www.environmental-expert.com/water-wastewater/membrane-filtration/articles> (дата обращения: 02.02.2016).
12. Технологии мембранного разделения в промышленной водоподготовке / А.А. Пантелеев, Б.Е. Рябчиков, О.В. Хорунжий, С.Л. Громов, А.Р. Сидоров – М.: ДеЛи плюс, 2012. – 429 с.
13. Дзюбенко В. Г., Кондрашев А. С. Мембранные технологии в программе «Чистая вода» // Водоснабжение и канализация. – 2012. – № 1-2. – С. 41–46.
14. Технологии мембранного разделения в промышленной водоподготовке / Пантелеев А.А. [и др.] – М.: ДеЛи плюс, 2012. – 429 с.
15. Водоподготовка: Справочник / Под ред. д.т.н., действительного члена Академии промышленной экологии С. Е. Беликова. – М.: Аква-Терм, 2007. – 240 с.
16. Гейд К., Совинье Ф., Бюссон Э. Технологическая схема «Actiflo® – УФ- и МФ-мембраны»: эффективное Гейд решение для очистки поверхностных вод // Водоснабжение и санитарная техника. – 2015. – № 7. – С. 44–55.
17. Технический справочник по обработке воды: в 2 т. Т. 2. – СПб.: Новый журнал, 2007. – 919 с.
18. Юго-Западная станция водоподготовки г. Москвы. Модель ВООТ (Строительство, владение, эксплуатация и последующая передача). – М.: Мосводоканал, 2005. – 10 с.
19. Горбачев Д., Алешина Е.О. подаче воды от юго-западной станции водоподготовки // Полимерные трубы. – 2006. – № 4. – С. 11–12.
20. Горбачев Д. Мосводоканал: водопроводная станция XXI века // Полимерные трубы. – 2006. – № 5. – С. 14–15.

УДК 661.682-022.532:691

**В.В. Потапов<sup>1</sup>, В.П. Кашпура<sup>2</sup>, Д.С. Горев<sup>1</sup>, А.Е. Бровкин<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН,  
Петропавловск-Камчатский, 683012;

<sup>2</sup>Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003;

<sup>3</sup>Петропавловский водоканал,  
Петропавловск-Камчатский, 683017  
e-mail: vadim\_p@inbox.ru;

### **НАНОКРЕМНЕЗЕМ НА ОСНОВЕ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ РАСТВОРОВ: ПОЛУЧЕНИЕ, ХАРАКТЕРИСТИКИ, ПРИМЕНЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ**

Выполнены эксперименты по получению золей и нанопорошков SiO<sub>2</sub> на основе гидротермальных растворов. Для достижения результата осуществляли процессы поликонденсации ортокремниевой кислоты, ультрафильтрационного мембранного концентрирования и криохимической вакуумной сублимации. С помощью набора методов определены физико-химические характеристики золей и нанопорошков SiO<sub>2</sub>. В частности, показано, что диаметры наночастиц SiO<sub>2</sub> в золях и нанопорошках попадают в диапазон 5–100 нм. Обоснована возможность применения полученного кремнезема как наномодификатора бетона для повышения прочности.

**Ключевые слова:** гидротермальный раствор, ортокремниевая кислота, золи и нанопорошки кремнезема, ультрафильтрационные мембраны, криохимическая вакуумная сублимация, диаметр наночастицы SiO<sub>2</sub>, предел прочности бетона при сжатии.

**V.V. Potapov<sup>1</sup>, V.P. Kashpura<sup>2</sup>, D.S. Gorev<sup>1</sup>, A.E. Brovkin<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Research Geotechnological Center FED RAS,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683012;

<sup>2</sup>Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003;

<sup>3</sup>Petropavlovsky Vodokanal, Petropavlovsk-Kamchatsky, 683017  
e-mail: vadim\_p@inbox.ru

### **HYDRROTHERMAL SOLUTION-BASED NANOSILICA: GETTING, CHARACTERISTICS, USING IN CONSTRUCTION INDUSTRY**

The experiments in getting hydrothermal solution-based sols and nanopowder SiO<sub>2</sub> have been conducted. For achieving the results policondensation processes of orthosilicic acid, ultrafiltration membrane concentration and cryochemical vacuum sublimation have been undertaken. Physical and chemical characteristics of sols and nanopowder SiO<sub>2</sub> using a set of methods are defined. In particular it is shown that diameters of nanoparticles SiO<sub>2</sub> in sols and nanopowder fall within the range 5–100 nm. The possibilities for using silica as concrete nanomodifier to increase resistance are justified.

**Key words:** hydrothermal solution, orthosilicic acid, silica sols and nanopowder, ultrafiltration membranes, cryochemical vacuum sublimation, nanoparticle diameter, concrete compressive strength.

#### **Введение**

В настоящее время наблюдается рост промышленного потребления различных типов аморфного кремнезема. В высокотехнологических отраслях расширяется использование SiO<sub>2</sub> в нанодисперсной форме – золей, гелей и порошков.

Гидротермальные растворы – новый сырьевой источник для производства нанодисперсных форм SiO<sub>2</sub> [1, 2]. Для его освоения требуется разработка технологических процессов получения



нано-SiO<sub>2</sub> с учетом параметров гидротермальной среды: температуры, pH, минерализации, кинетики их образования в результате поликонденсации ортокремниевой кислоты (ОКК), размеров и концентрации частиц SiO<sub>2</sub> и др. В районах активного вулканизма Российская Федерация располагает запасами высокотемпературных гидротермальных ресурсов. При расходе водной фазы теплоносителя продуктивных скважин геотермальной электрической станции мощностью 50–60 МВт 1100–1200 т/ч и содержании SiO<sub>2</sub> в исходной водной среде (650–800 мг/кг) потенциал по производству SiO<sub>2</sub> достигает 3–5 тыс. тонн в год.

Золи и нанопорошки кремнезема – ценные продукты, имеющие широкие рынки сбыта. Цена на кремнезем изменяется в широких пределах в зависимости от его характеристик и отрасли промышленного использования. Перспективным направлением для применения полученных нанокремнезёмов является строительная индустрия [3, 4]. Золи и нанопорошки SiO<sub>2</sub> могут применяться в качестве наномодификаторов бетонов для повышения прочности, морозостойкости, водонепроницаемости, сульфатостойкости и др. Дополнительные применения – производства точных форм для литья, керамики, сорбентов, носителей катализаторов, резинотехнических изделий, бумаги, электронных плат, также сельское хозяйство, ветеринария и медицина.

Нашими целями были разработка технологических процессов получения нанокремнезема (в форме золей и нанопорошков) на основе гидротермальных растворов и исследование характеристик нано-SiO<sub>2</sub> и эффективности его применения как наномодификатора бетонов.

### Материалы и методы

Гидротермальные растворы содержат SiO<sub>2</sub> за счет растворения алюмосиликатных минералов земной коры (ортоклаз, микроклин K(AlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>), альбит Na(AlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>), анортит Ca(Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>), др.) и поликонденсации молекул ортокремниевой кислоты. В недрах Земли в условиях повышенных давлений и температур в гидротермальных растворах образуются молекулы ортокремниевой кислоты (ОКК). После выхода раствора на поверхность давление и температура снижаются, раствор становится пересыщенным относительно растворимости аморфного кремнезема и в нем проходят гидролиз и поликонденсация молекул ОКК, приводящие к формированию сферических наночастиц SiO<sub>2</sub> с диаметрами 5–100 нм и более [5, 6]. Кроме кремнезема в исходном растворе находятся и другие компоненты, концентрации которых приведены в табл. 1.

Таблица 1

Концентрация основных компонентов исходного гидротермального раствора

Компонент	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Li <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+,3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>
Концентрация, мг/дм <sup>3</sup>	282	48,1	1,5	2,8	4,7	<0,1	<0,1	251,8	220,9	45,2	61,8	91,8	780

Поликонденсация молекул кремнекислоты проходит за счет конденсации силанольных групп, образования силоксановых связей и частичной дегидратации. Конечные размеры частиц кремнезема зависят в первую очередь от температуры и pH, при которых проходит поликонденсация молекул ОКК. Повышение температуры поликонденсации приводит к увеличению конечных размеров частиц. Снижение pH и повышение температуры вызывают увеличение конечных размеров частиц. На стадии поликонденсации температуру варьировали в пределах от 20 до 90 °С, pH – от 9,2 до 4,0.

Концентрированные водные золи кремнезема получали из жидкой фазы гидротермальных теплоносителей (сепарата) скважин Мутновских геотермальных электрических станций (ГеоЭС). Отделение (сепарацию) жидкой фазы от паровой фазы двухфазного потока проводили в сепараторах геотермальной электрической станции. Диапазон значений pH исходного сепарата 4,0–9,4, концентрации кремнезема C<sub>1</sub> = 400–800 мг/кг, температура раствора от 20 до 90 °С. Для синтеза частиц SiO<sub>2</sub> с заданными размерами и концентрацией проводили поликонденсации ОКК при определенных температуре и pH. Ультрафильтрационным баромембранным концентрированием получали стабильные водные золи кремнезема.

Для накопления значительных объемов золей применяли в большинстве случаев ультрафильтрацию, либо комбинацию ультрафильтрации и микрофильтрации. Схема установки для



мембранного концентрирования гидротермального раствора приведена на (рис. 1, а, б). Нанопорошки получали на установке криохимической вакуумной сублимации (рис. 2).

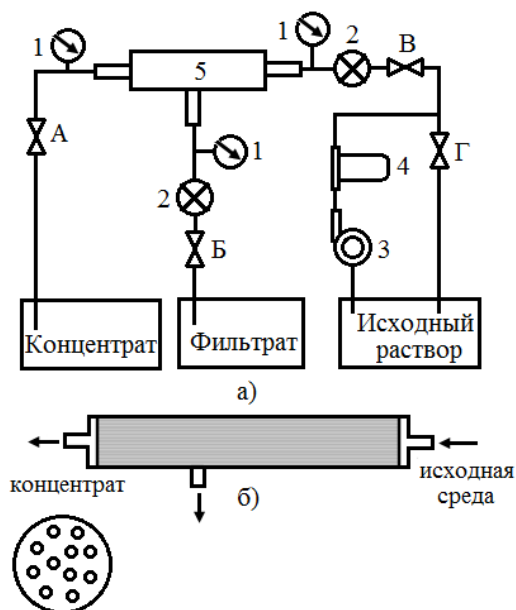


Рис. 1а. Схема установки с ультрафильтрационным мембранным модулем: А – кран концентрата; Б – кран фильтрата; В – кран на входе в фильтр; Г – кран рециркуляции потока; 1 – манометр; 2 – расходомер; 3 – насос; 4 – механический фильтр; 5 – ультрафильтрационный фильтр-патрон  
Рис. 1б. Конструкция ультрафильтрационного патрона

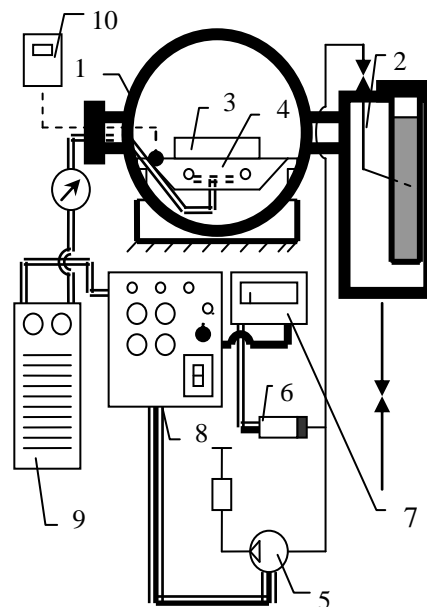


Рис. 2. Вакуумный сублиматор: 1 – сублимационная камера; 2 – десублиматор; 3 – лоток с продуктом; 4 – греющая плита; 5 – вакуумный насос; 6 – преобразователь манометрический термопарный ПМТ-2; 7 – вакуумметр ВТ-2; 8 – пульт управления; 9 – регулятор напряжения универсальный (РН); 10 – электронный термометр

Для изучения характеристик зелей и порошков использовали методы: динамического рассеяния света, электронной микроскопии, низкотемпературной адсорбции азота, рентгенофазового анализа, малоуглового рентгеновского рассеяния, диффузионной аэрозольной спектрометрии и др.

### Эксперименты по получению водных зелей $\text{SiO}_2$

Для получения концентрированных водных зелей кремнезема на основе гидротермальных растворов исследованы основные мембранные процессы – микрофльтрации, ультрафильтрации и обратного осмоса. Определены селективность по наночастицам  $\text{SiO}_2$  и ионам растворенных солей, проницаемость мембран, скорость образования гелевого слоя при различных условиях. Получены образцы концентрированных водных зелей кремнезема. Таким образом, стал возможным выбор мембранного процесса, наиболее эффективного для получения концентратов. Были испытаны конструкции мембранных фильтров различных типов и размеров: микрофильтрационные мембраны трубчатого типа; ультрафильтрационные мембраны капиллярного типа; обратноосмотические мембраны рулонного типа.

Рост селективности и снижение проницаемости с увеличением продолжительности фильтрации обусловлен образованием гелевого слоя отложений на мембранах. Скорость образования гелевого слоя зависит от содержания кремнезема в водной среде; гидродинамических факторов – скорости обтекания мембранного слоя и скорости фильтрации, давления; размера пор мембран.

Эксперименты по микрофльтрации показали, что концентрирование наночастиц кремнезема было недостаточно эффективным на первых стадиях и требовало ввода катионов коагулянтов для укрупнения частиц.

На площадке геотермальной электрической станции был установлен и испытан укрупненный баромембранный модуль с ультрафильтрационными мембранами производительностью по  $\text{SiO}_2$  – от 3,0–33,3 кг/сут (100 до 1000 кг/мес).

В составе укрупненной установки испытан ультрафильтрационный патрон марки AquaFlex HP SXL55 (рис. 3) с внутренним диаметром капилляров – 0,8 мм, площадью фильтрующей поверхности – 55 м<sup>2</sup>, параметром минимальной отсекаемой массы частиц (mass weight cut off)

MWCO = 50 кД. Приведены распределение частиц по размерам и данные по дзета-потенциалу в образце золя, полученном на укрупненной установке (плотность золя  $\rho_s = 1080 \text{ г/дм}^3$ ,  $\text{SiO}_2 = 150 \text{ г/дм}^3$ ,  $\text{pH} = 8,6$ ,  $\text{TDS} = 1970 \text{ мг/дм}^3$ ,  $d_m = 41,6 \text{ нм}$ ,  $\xi_m = -28,2 \text{ мВ}$ ) (рис. 4). Характеристики образцов золь кремнезема, получены в ходе экспериментов по ультрафильтрационному концентрированию (табл. 2).

Таблица 2

**Физико-химические характеристики водных золь кремнезема, полученных ультрафильтрационным мембранным концентрированием**

Характеристики	Значения
pH	8,0–9,2
общее содержание $\text{SiO}_2$ , г/дм <sup>3</sup>	3,0–600,0
плотность золя $\rho_s$ , г/дм <sup>3</sup>	1001–1325
средние диаметры наночастиц, нм	5–100
солесодержание TDS, мг/дм <sup>3</sup>	800–2000
удельная электропроводность $\sigma_m$ , мСм/см (20°C)	0,8–1,56
средний дзета-потенциал $\xi$ поверхности наночастиц, мВ	-25,0...-56,0
динамическая вязкость $\eta$ , мПа·с (20°C)	1,0–120,0
содержание $\text{SiO}_2$ в материале, осажденном из золя, мас. %	до 99,72

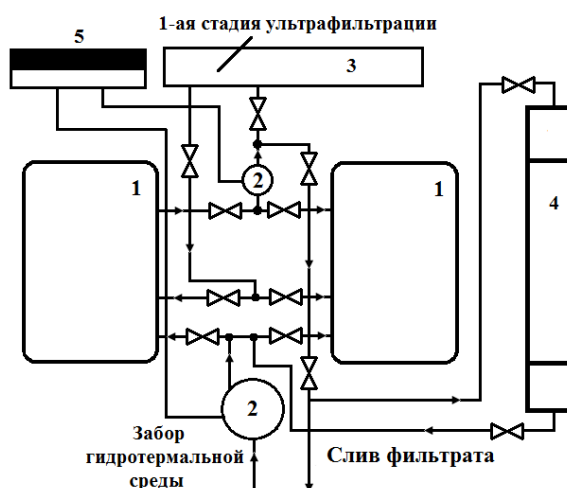


Рис. 3. Укрупненный модуль с ультрафильтрационными мембранами (вид сверху): 1 – приемные емкости; 2 – центробежный насос; 3 – четырехпатронный баромембранный модуль (средний типоразмер); 4 – ультрафильтрационный патрон (крупный типоразмер); 5 – электропитание насосов

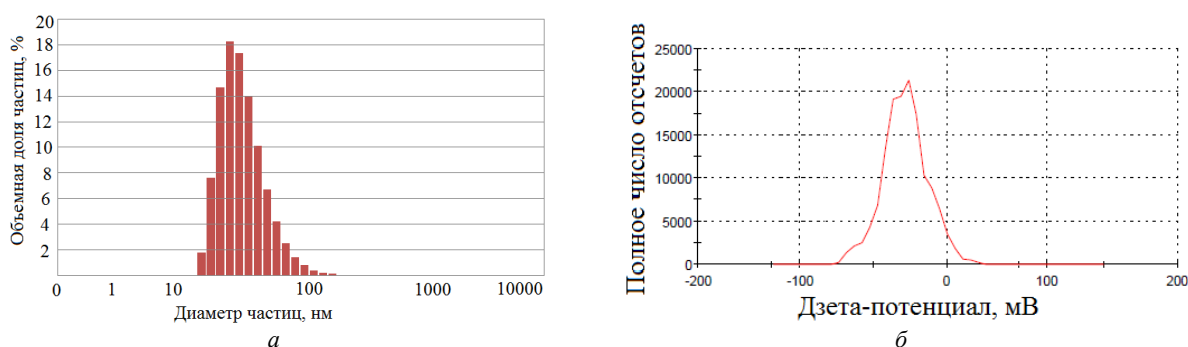


Рис. 4. Результаты определений: а) распределение размеров наночастиц золя кремнезема, полученное методом динамического рассеяния света; б) дзета-потенциал поверхности наночастиц золя, полученный методом электрофореза

Ультрафильтрационные мембраны показали селективность по частицам  $\text{SiO}_2$  около 1,0 без предварительного добавления коагулянтов и низкую селективность по молекулам кремнекислоты и ионам.

Реологические параметры зелей и гелей, полученных из зелей методом золь-гель перехода измеряли в условиях сдвиговой деформации с помощью реометра *RheoStress 1* (Haake) в режиме осциллирующих (динамических) деформаций в диапазоне частот  $G_p$  (частота вращения пластины) от 0,1 до 1000,0 Гц при варьировании амплитуды напряжений сдвига  $\tau$  от 0,01 до 10 000,0 Па (рис. 5).

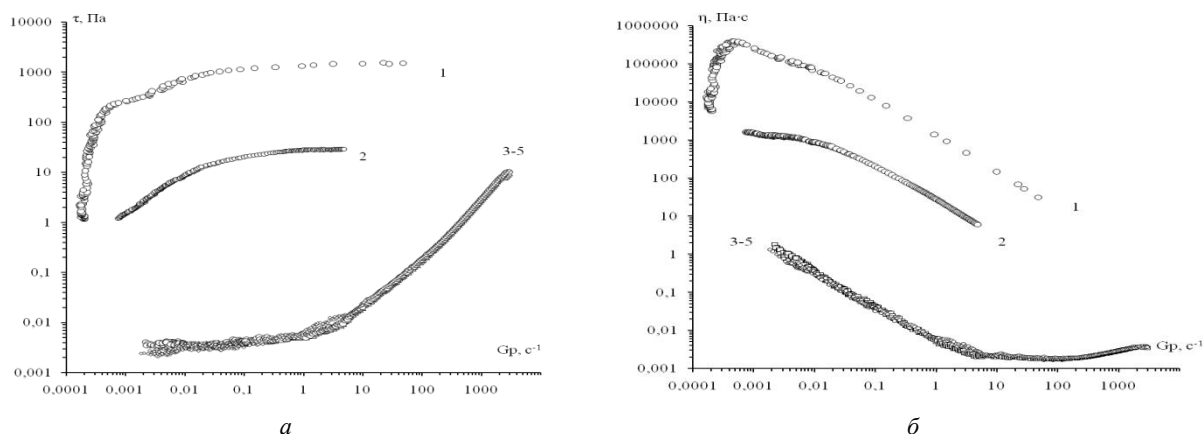


Рис. 5. Реологические характеристики:

а) напряжение сдвига от скорости деформации; б) динамическая вязкость  $\eta$  от скорости деформации. 1, 2 – гели с содержанием  $\text{SiO}_2$  соответственно 10 и 3,3 мас. %; 3, 4, 5 – золи с содержанием  $\text{SiO}_2$  соответственно 1,4, 2,8 и 3,3 мас. %; динамическая вязкость зелей соответственно  $\eta = 1,69, 1,76, 1,86$  мПа·с ( $20^\circ\text{C}$ )

Обратноосмотические мембраны одновременно задерживали частицы  $\text{SiO}_2$  и ионы растворенных солей, и концентраты были нестабильными. Таким образом, с помощью ультрафильтрации можно получить концентрат с высоким содержанием  $\text{SiO}_2$  и низкой концентрацией примесных ионов –  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2,3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ . Ультрафильтрация имеет преимущества перед другими мембранными процессами при получении стабильных концентрированных водных зелей высокой чистоты на основе гидротермального раствора: частицы  $\text{SiO}_2$  удерживаются мембранным слоем, при этом примесные ионы проходят через поры мембраны (рис. 6).

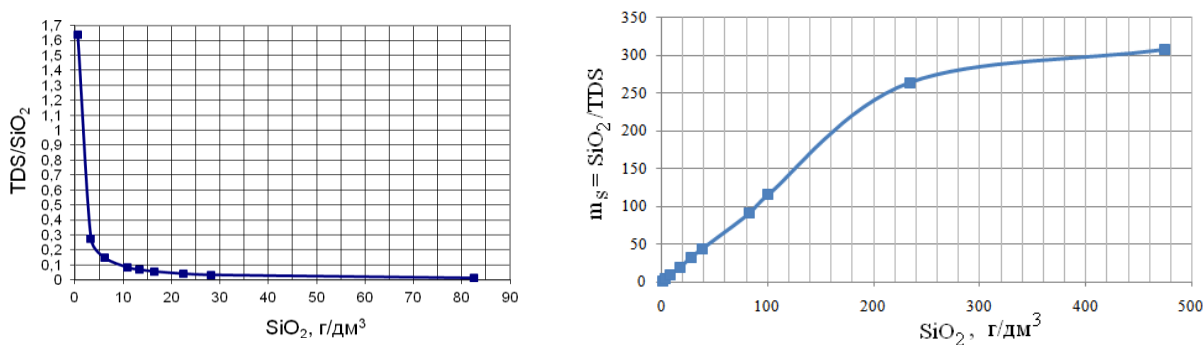


Рис. 6. Отношение солесодержания и содержания  $\text{SiO}_2$  в зелях кремнезема, полученных ультрафильтрационным мембранным концентрированием гидротермальных растворов

При обратноосмотическом концентрировании фильтрата, полученного при удалении кремнезема в ультрафильтрационных устройствах, содержание катиона  $\text{Li}^+$  на 1-й стадии повышали от 1,5 до 7,4 мг/дм<sup>3</sup>, на 2-й стадии – до 27,8 мг/дм<sup>3</sup>. Селективность обратноосмотических мембран по катионам лития  $\varphi_{\text{Li}}$  на 1-й и 2-й стадии концентрирования составляла не менее 0,8.

Производство зелей на основе водных растворов жидкого стекла требует расходов силиката натрия, катионообменной смолы для очистки исходного водного раствора от катиона натрия, расхода кислоты на регенерацию катионообменной смолы, а также расхода электроэнергии на кон-

центрирование. Предлагаемая нами технология исключает расходы жидкого стекла и катионита и снижает расход кислот при относительно невысоком расходе электроэнергии на мембранное концентрирование.

### Получение порошков, их характеристики

Перед сублимацией в вакуумной камере золи кремнезема диспергировали, капли отверждали в жидком азоте при температуре 77 К и получали криогранулы. Установлены технологические параметры вакуумной сублимации: временные зависимости давления и температуры в различных участках вакуумной камеры. Определены характеристики нанопорошков, полученных в различных режимах.

Получена временная зависимость давления в вакуумной камере при получении образца порошка УФ-44 (рис. 7).

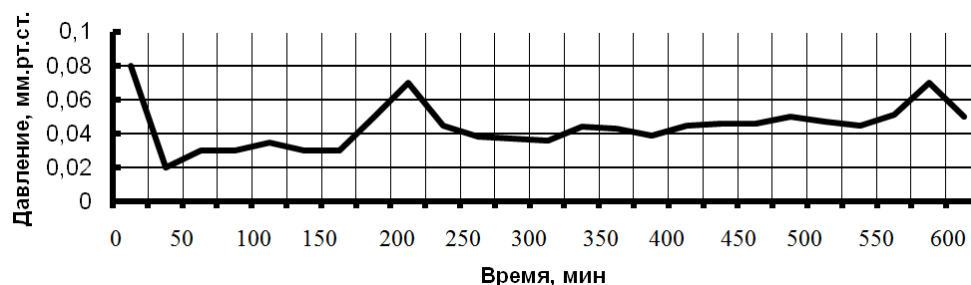


Рис. 7. График зависимости давления в вакуумной камере от времени при сублимации образца УФ – 44



Рис. 8. Кривые сорбции – десорбции для порошка УФ – 44, полученные методом низкотемпературной адсорбции жидкого азота,  $p_0$  – давление насыщенного азота



Рис. 9. Зависимость насыпной плотности нанопорошка от содержания SiO<sub>2</sub>

Получены изображения сублимированных криогранул, образующихся после диспергирования капель золя и их твердения в жидком азоте (рис. 10).

В ходе криогранулирования размер капель золя составлял 30–100 мкм, скорость охлаждения капель была 125 К/с, скорость кристаллизации 0,26 мм/с. Вакуумная сублимация проходила при давлении 0,02 – 0,05 мм. рт. ст. и диапазоне температур – 80...+25°С. Такие параметры обеспечили отсутствие слипания частиц: размеры частиц в порошках не превышали размеры частиц в золях. Для образца порошка УФ-44 получены кривые сорбции-десорбции, определенные методом низкотемпературной адсорбции азота (рис. 8).

Методом низкотемпературной адсорбции азота для образца порошка УФ-44 определили следующие характеристики: БЭТ площадь – 165,3 м<sup>2</sup>/г, объем пор – 0,283 см<sup>3</sup>/г, средний диаметр пор – 6,0 нм, площадь микропор – 6,54 м<sup>2</sup>/г, объем микропор – <0,001 см<sup>3</sup>/г, содержание примесных соединений – до 0,3 мас. %.

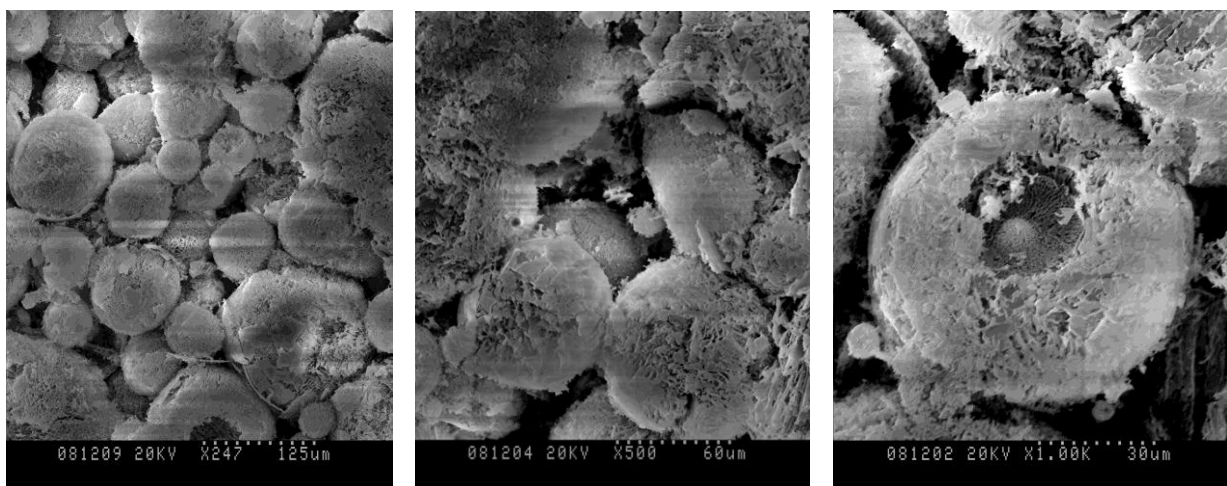


Рис. 10. Криогранулы после сублимации (получены отверждением капель золя в жидком азоте)

Размеры наночастиц порошков  $\text{SiO}_2$  определены методами сканирующей электронной микроскопии (рис. 11), малоуглового рентгеновского рассеяния (МУРР) (рис. 12), диффузионной аэрозольной спектроскопии (рис. 13).

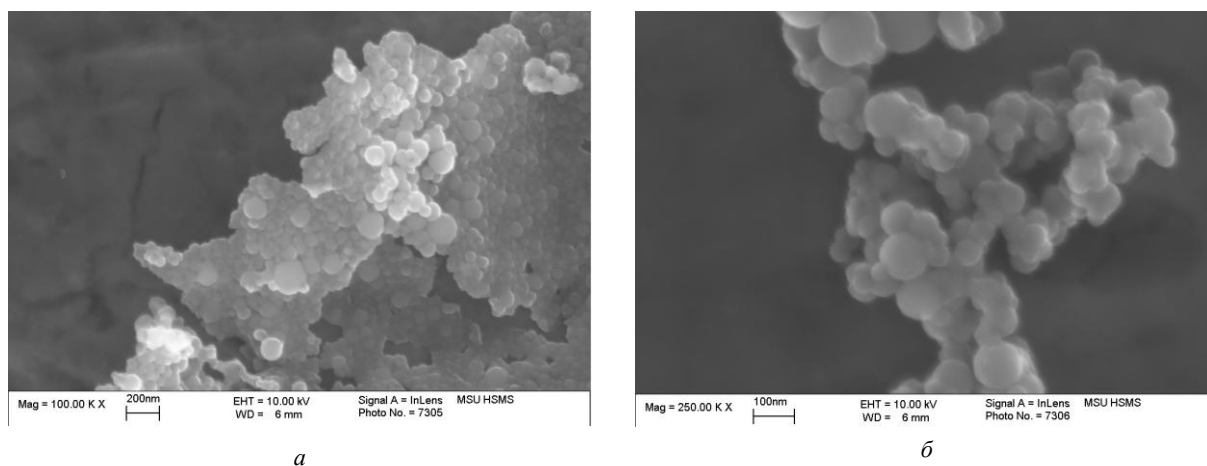


Рис. 11. Изображения частиц кремнезема, полученные на сканирующем электронном микроскопе. Коэффициенты увеличения: а) 100 000; б) 250 000

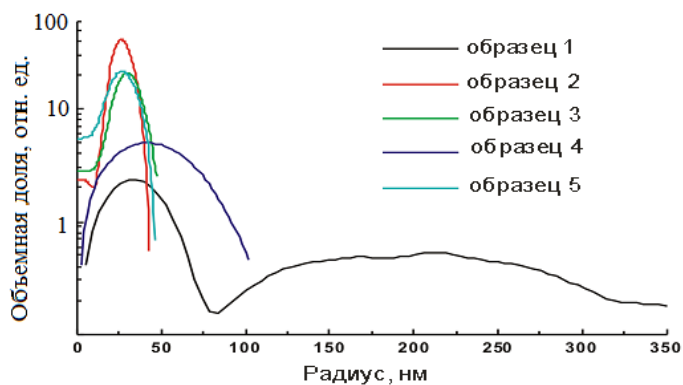


Рис. 12. Распределение частиц  $\text{SiO}_2$  по размерам, установленное методом МУРР, получены образцы: 1 – на основе гидротермального раствора; 2 – на основе раствора силиката натрия; 3 – на основе раствора силиката натрия, содержащего катионы  $\text{Cu}^{2+}$ ; 4 – на основе гидротермального раствора, содержащего наночастицы Ag; 5 – на основе тетраэтоксисилана



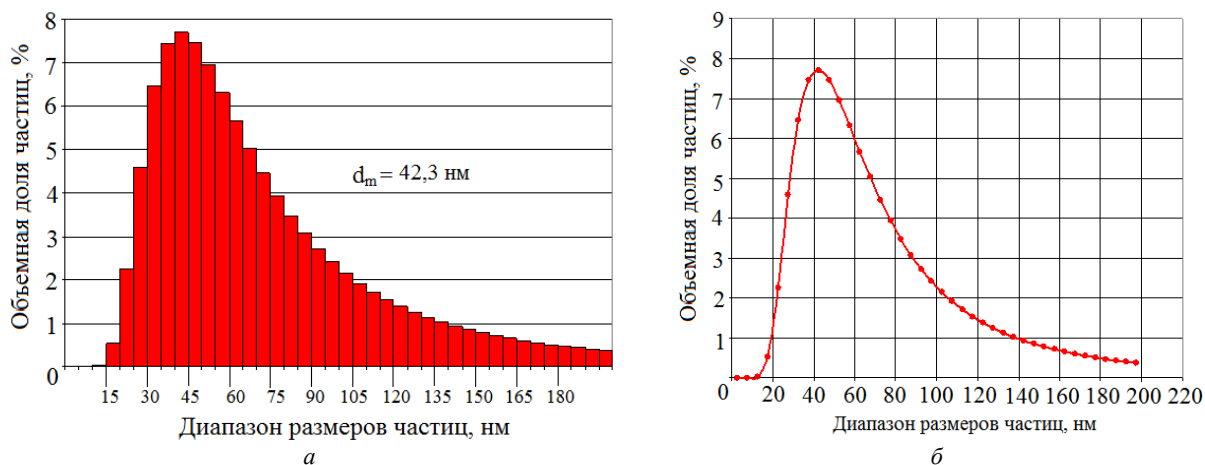


Рис. 13. Результаты определения:  
а) гистограмма распределения; б) график распределения частиц  $\text{SiO}_2$  по размерам нанопорошке; средний диаметр равен 42,3 нм

### Применение нанокремнезема для повышения прочности бетонов

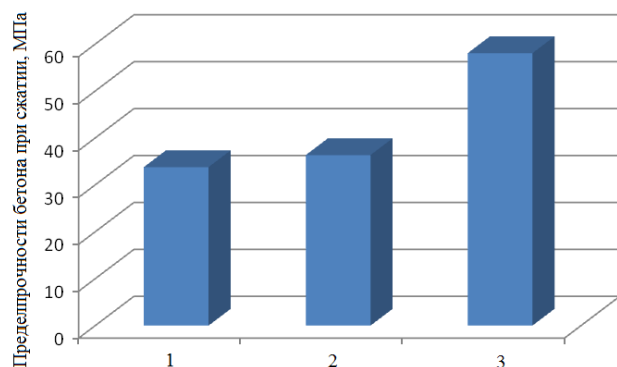


Рис. 14. Предел прочности бетона при сжатии:  
1 образец – контрольный (без добавок); 2 образец – с добавкой “Реламикс Т2” 0,8% по цементу; 3 образец – с добавкой нанокремнезема 0,3% по цементу и с добавкой “Реламикс” 0,8% по цементу, повышение прочности бетона при сжатии на 72%. Водоцементное отношение  $\text{В/Ц} = 0,5$

Проведены эксперименты по изучению влияния наночастиц кремнезема на характеристики мелкозернистых (цемент-песок-вода) и крупнозернистых бетонов (цемент-песок-вода-щебень). Вводили золи и нанопорошки кремнезема с размерами частиц 10–100 нм и удельной поверхностью 100–500  $\text{м}^2/\text{г}$ . В мелкозернистых бетонах достигали повышения предела прочности цементных образцов при сжатии до 72% в возрасте 28 суток при расходе  $\text{SiO}_2$  0,01–0,3 мас. % относительно расхода цемента (рис. 14). Выполнены эксперименты по применению золя  $\text{SiO}_2$  в крупнозернистых бетонах на равноподвижных смесях с обеспечением одинакового водоцементного отношения  $\text{В/Ц}$  при расходах  $\text{SiO}_2$  – 0,1–2,0 мас. % и суперпластификатора – 0,25–1,0 мас. % относительно расхода цемента (рис. 15).

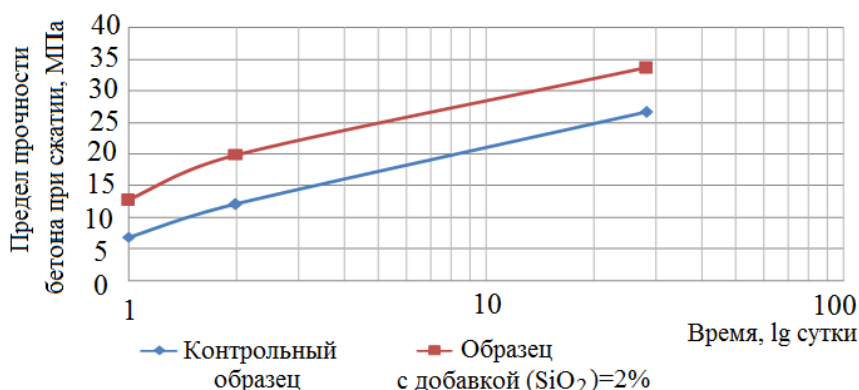


Рис. 15. Предел прочности бетона при сжатии:  $\text{В/Ц} = 0,715$  (с добавкой  $\text{SiO}_2 = 2,0$  мас. %),  $\text{В/Ц} = 0,643$  (без добавки), суперпластификатор – поликарбоксилат SVC 5New (1,0 мас. %)

Установлено, что наночастицы  $\text{SiO}_2$ , выделенные из гидротермальной среды и имеющие высокие удельную поверхность до 500  $\text{м}^2/\text{г}$ , плотность поверхностных силанольных групп до 4,9  $\text{нм}^{-2}$  и химическую активность поверхности, значительно ускоряют реакции гидратации

кальций-силикатов, повышают плотность упаковки геля продуктов гидратации, что увеличивает скорость набора прочности и конечную прочность бетона. Согласно полученным результатам (рис. 15), нанодобавки SiO<sub>2</sub> применимы: во-первых, для ускорения набора прочности бетона (более чем двухкратное повышение прочности после первых суток твердения); во-вторых, для повышения прочности в возрасте 28 суток – до 40 %.

### Выводы

1. Технологические процессы получения нанокремнезема на основе гидротермальных растворов включают охлаждение раствора до заданной температуры, нуклеацию и поликонденсацию ортокремниевой кислоты и рост частиц кремнезема, мембранное концентрирование ультрафильтрацией и криохимическую вакуумную сублимацию. Удельный расход электроэнергии при производстве золь E<sub>m</sub> = 0,18 – 1,0 кВт·ч/кг SiO<sub>2</sub>, суммарные затраты электроэнергии на получение нанопорошка E<sub>m</sub> = 7,0 – 14,3 кВт·ч/кг SiO<sub>2</sub>.

2. Ультрафильтрационное мембранное концентрирование рационально осуществлять в три стадии при температурах 20–70°C: на 1-й стадии содержание SiO<sub>2</sub> в золе повышают от 0,05 до 0,3–0,4 мас. %, на 2-й стадии – до 10 мас. %, на 3-й стадии – до 20–30 мас. % и более.

3. Селективность ультрафильтрационных мембран с гелевым слоем относительно наночастиц кремнезема и ионов в ходе 3-стадийного концентрирования имеет значения (0,8–1,0) и (0,1–0,3), соответственно, что обеспечивает уменьшение отношения общего солесодержания TDS к содержанию SiO<sub>2</sub> (TDS/SiO<sub>2</sub>) от 1,64 до 0,003 (и увеличение обратного параметра m<sub>s</sub> = SiO<sub>2</sub>/TDS от 0,609 до 300 и более) и, как следствие, стабильность золь с содержанием SiO<sub>2</sub> до 45 мас. % без принудительного ввода стабилизатора.

4. Процессы криохимического вакуумного сублимирования золь для получения нанопорошков кремнезема включают диспергирование золя, криогранулирование капель золя в жидком азоте, сублимацию криогранул в вакууме. Оптимальные размеры криогранул – в пределах 30–100 мкм. Диапазон давлений в вакуумном сублиматоре составляет 0,02–0,05 мм. рт. ст., диапазон температур – от –80 до +25°C. Разработанный технологический режим обеспечивает получение порошков, имеющих удельную поверхность до 500 м<sup>2</sup>/г, объем пор – 0,20–0,30 см<sup>3</sup>/г, средний диаметр пор порошка от 2 до 15 нм, средние диаметры частиц – от 5 до 100 нм, плотность поверхностных силанольных групп – до 4,9 нм<sup>-2</sup>, остаточную влажность – до 0,2 мас. %, насыпную плотность – 0,035–0,30 кг/дм<sup>3</sup>.

5. Нанокремнезем, полученный на основе гидротермального раствора, применим как эффективный наномодификатор бетонов: 1) для ускорения твердения; 2) повышения предела прочности бетона при сжатии в возрасте 28 суток; 3) сокращения расхода цемента.

### Литература

1. *Потапов В.В., Карпов Г.А., Подвербный В.М.* Извлечение кремнезема из гидротермального теплоносителя. Теоретические основы химической технологии. – 2002. – Т. 36, № 6 – С. 644–651.
2. *Потапов В.В., Журавлев Л.Т.* Зависимость содержания силанольных групп в кремнеземе, осажденном из гидротермального раствора, от температуры // Физика и химия стекла. – 2005. – Т. 31, № 5 – С. 909–923.
3. *Потапов В.В., Шитиков Е.С., Трутнев Н.С., Горбач В.А., Портнягин Н.Н.* Влияние наночастиц кремнезема на прочностные характеристики цементных образцов // Физика и химия стекла. – 2011. – Т. 37, № 1 – С. 641–652.
4. *Kim L.V., Potapov V.V., Kashutin A.N., Gorbach V. A., Shalaev K.S., Gorev D.S.* Increasing of concrete strength using nanosilica extracted from the hydrothermal solutions // Proceedings of the Twenty-third (2013) International Offshore and Polar Engineering Conference. (June 30–July 5 2013). – Anchorage, Alaska, USA, ISOPE, 2013 – P. 148–152.
5. *Потапов В.В., Смывалов С.А., Близнюков М.А., Горбач В.А., Каишпура В.Н.* Моделирование процесса нуклеации ортокремниевой кислоты в гидротермальном растворе // Теоретические основы химической технологии. – 2006. – Т. 40, № 4. – С. 112–119.
6. *Потапов В.В., Сердан А.А., Каишпура В.Н., Горбач В.А., Тюрина Н.А., Зубаха С.В.* Поликонденсация ортокремниевой кислоты в растворах гидротермального происхождения при различных температурах, pH и ионной силе // Физика и химия стекла. – 2007. – Т. 33, № 1 – С. 65–73.

УДК: 556.332.52:556.53(476-12)

**В.С. Рудько**

*Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины,  
Гомель, 246019  
e-mail: Vyacheslavrudko@yandex.ru*

**ОСОБЕННОСТИ РЕЖИМА АРТЕЗИАНСКИХ ВОД  
ЗОНЫ ЗАМЕДЛЕННОГО ВОДООБМЕНА  
(НА ПРИМЕРЕ ЮГО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ)**

В работе рассматривается режим подземных вод зоны замедленного водообмена, формирующийся под влиянием уровня режима поверхностных водотоков. Были построены графики совместного хода уровней, по которым определялись характеристики гидродинамической взаимосвязи поверхностных водотоков с подземными водами.

**Ключевые слова:** водоносный горизонт, река, уровень воды, статический уровень.

**V.S. Rud'ko**

*F. Skorina Gomel State University,  
Gomel, 246000  
e-mail: Vyacheslavrudko@yandex.ru*

**CHARACTERISTICS OF REGIME FOR ARTESIAN WATER  
IN SLOW WATER CYCLE AREA  
(BY THE EXAMPLE OF THE SOUTH-EAST OF BELARUS)**

The paper is concerned with ground water dynamics in slow water cycle area formed under the influence of the level regime of surface streams. Graphs of level follow have been constructed. The characteristics of hydrodynamic communication of surface streams with groundwater have been read from the graphs.

**Key words:** aquifer, river, level of water, static level.

**Введение**

*Целью исследования* является изучение взаимодействия гидродинамических режимов поверхностных и подземных вод для решения проблем региональной гидрогеологии; показать приоритетное влияние режима поверхностных водотоков на уровеньный режим артезианских вод.

*Актуальность исследования* заключается в том, что в работе уделяется внимание выявлению основных черт уровня режима напорных подземных вод, которые формируются под влиянием уровня режима рек.

*Задачи исследования:*

- 1) подобрать критерии количественной оценки влияния (взаимосвязи) режима уровней поверхностных вод на подземные;
- 2) дать характеристику режима статического уровня артезианских вод зоны замедленного водообмена;
- 3) определить количественные характеристики взаимосвязи уровня режима артезианских и поверхностных вод;

Режим подземных вод составляет одну из важнейших проблем гидрогеологии, охватывая совокупность явлений, связанных с изменением состояния подземных вод во времени (колебания уровня вод, изменения их дебита, скорости движения, состава и физических свойств).

При решении различных народнохозяйственных задач правильная их реализация возможно лишь при знании режима подземных вод.



При гидрогеологическом изучении источников водоснабжения знание режима подземных вод является основой для определения их количества и прогнозирования качества, а также для правильной постановки эксплуатации подземных вод.

Гидрогеологические явления, из которых складывается режим подземных вод, связаны с теми или иными передвижениями воды (табл).

Таблица

**Классификационная схема основных типов подземных вод и связанных с ними типах режима [1]**

Условия питания		Категория подземных вод		Особенности режима	
Область распространения подземных вод	Совпадает с областью питания	Грунтовые воды		Уровень воды подвержен колебаниям под влиянием вертикального передвижения влаги в зоне аэрации	
	Больше области питания	Межпластовые воды	Безнапорные	Передача колебаний происходит путем	Добегания волны
	Напорные		Передача напора		

### **Выбор параметров для качественной и количественной оценки взаимодействия артезианских и поверхностных вод**

Для оценки взаимодействия уровней подземных и поверхностных вод был выбран ряд параметров, по которым оценивались качественные и количественные характеристики.

В основу оценки совмещенных графиков хода уровней подземных и поверхностных вод и характеристики их взаимосвязи было положено 8 параметров, которые в различной степени характеризуют взаимосвязь артезианских и поверхностных вод:

1) симметричность колебания подземных вод относительно поверхностных – данный показатель является качественным и тесно связан со скоростью и продолжительностью подъема, стояния и спада уровней;

2) начало подъема, максимальная отметка – начало спада, минимальная отметка – конкретная дата либо интервал дат перегиба кривой хода уровня, которая характеризует направленность процесса в сторону достижения максимальной или минимальной величины;

3) скорость подъема, спада уровней – количественный параметр, показывающий, насколько быстро происходит подъем или спад уровней, м/сут;

4) продолжительность подъема, спада уровней – количественный параметр, характеризующий время, необходимое для достижения точек экстремума уровнями подземных и поверхностных вод, выражается в сут, ч;

5) амплитуда колебания – количественный параметр, показывающий максимальное смещение уровня, м;

6) запаздывание или добегание – количественный параметр, указывающий на время, необходимое для достижения пиковых (экстремальных) положений уровня артезианских вод, относительно возмущающего объекта – реки;

7) синхронность колебания уровней артезианских вод относительно поверхностных – качественный параметр, дающий возможность оценить как тесно взаимосвязаны колебательные движения уровней подземных и поверхностных вод;

8) корреляционная характеристика – это количественный параметр, который позволяет установить тесноту взаимосвязи между различными признаками (уровни подземных вод и уровни поверхностных вод) с помощью математического аппарата. Численной характеристикой данного параметра является коэффициент корреляции – безразмерная величина, которая дает представление о направлении и силе связи.

Точность оценки временных характеристик определялась частотой проведения замеров уровней ПВ в тот временной период, в который попадали анализируемые экстремальные точки. Максимальная точность определения временных (и скоростных) параметров может быть достигнута лишь при совпадении частоты замеров уровней поверхностных и подземных вод. Т.е. частота замера уровней ПВ должна составлять 1 замер в сутки, что явно недостижимо в реальных условиях.

### Артезианские воды келловейского водоносного горизонта средней юры

В качестве объекта для исследования по келловейскому водоносному горизонту средней юры выбрана скважина 22\_1, расположенная в СОК «Солнечный берег» РУП «ПО «Белоруснефть» в д. Александровка.

Для скважины 22\_1 Александровская характерно расположение на левом борту долины реки у кромки пойменного уступа, пространственная приближенность к руслу реки и незначительные объёмы отбора воды. Такой режим водоотбора, не смотря на низкую водопроводимость водоносного горизонта, позволяет достаточно точно определиться с положением статического уровня (рис. 1), который на протяжении всего периода наблюдений располагается выше уровня воды в реке Днепр ГП Днепр – Речица, находящегося выше по течению реки относительно скважины. В гидрогеологическом разрезе водоносный горизонт находится на нижней границе зоны активного водообмена, на что указывает минерализация подземных вод

Для обоснования режима гидравлической взаимосвязи поверхностных и подземных вод для скв. 22\_1 взяты две реки: Днепр и Сож. Временные характеристики прохождения экстремальных точек уровней воды скв. 22\_1 опережают аналогичные для уровня вод р. Днепр, не смотря на то, что ГП располагается выше по течению. Такое соотношение нарушает логику взаимодействия объектов сравнения, тем более что водопроводимость келловейского водоносного горизонта низкая.

Учитывая общее направление стока по соседнему и вышележающему хорошо изученному альб-нижнесеноманскому водоносному горизонту [2] и характер распределения гидроизопьез в междуречье Днепр – Сож и Днепр – Припять, можно предположить более заметное влияние на динамику потока в месте расположения скв. 22\_1 северных и север-северо-восточных направлений, чем северо-западных и западных. Подобный характер распределения гидроизопьез можно допустить и для рассматриваемого келловейского водоносного горизонта в междуречье Днепр – Сож.

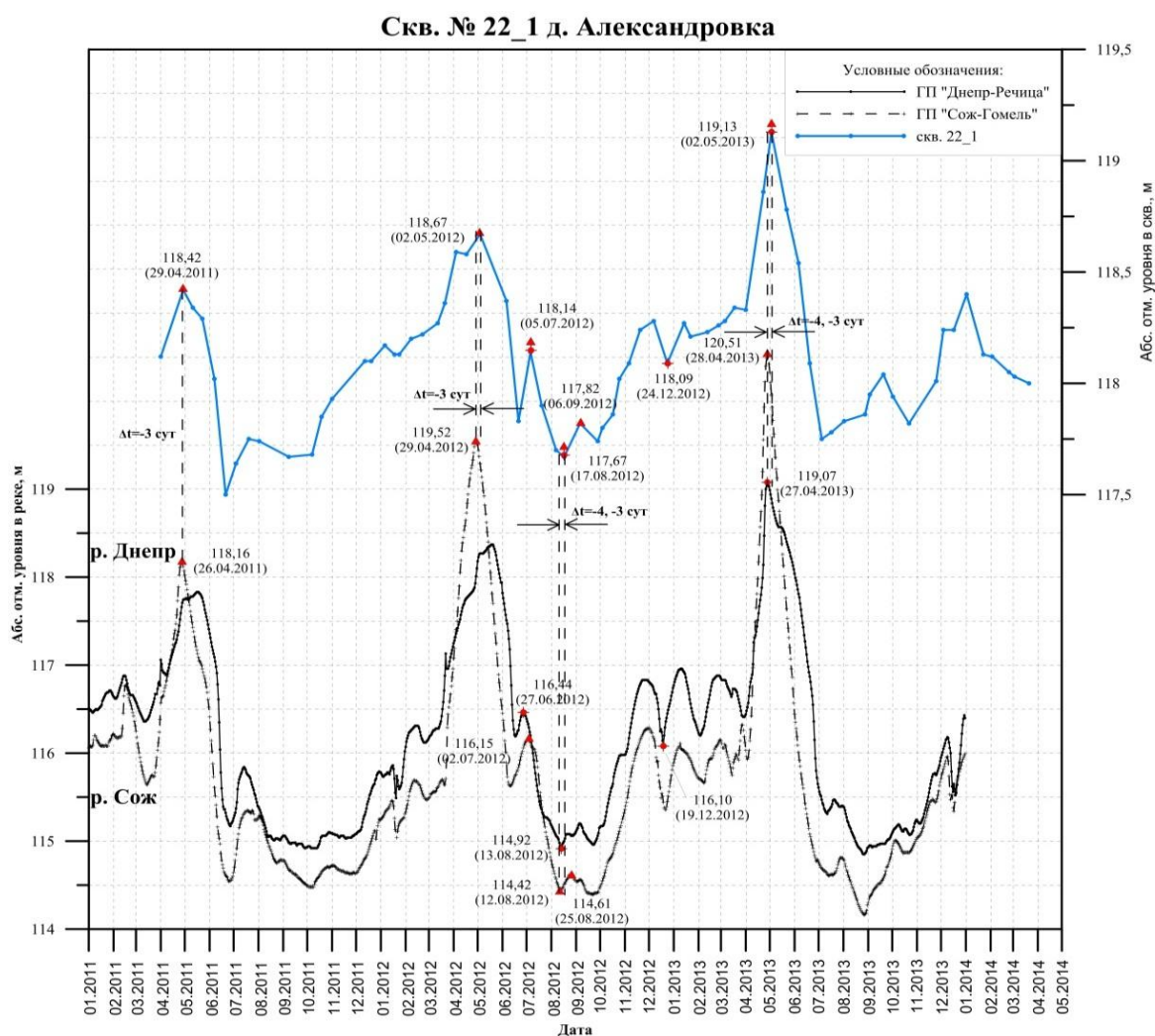


Рис. 1. Совмещенный график хода уровней подземных вод скв. 22\_1 и поверхностных водотоков

Сравнение динамики уровня режима вод скв. 22\_1 и ГП Сож – Гомель даёт нормальную последовательность распространения возмущений в системе поверхностных и подземных вод, даже с учетом расстояния между пунктом сравнения и скважиной, которое составляет порядка 30 км. Хорошую сходимость показывают и периоды добегаания возмущения от весеннего половодья и момента окончания летне-осенней межени р. Сож. Более высокие значения коэффициентов корреляции для ГП Сож – Гомель также подтверждают приоритет влияния режима р. Сож на режим уровней воды скв. 22\_1.

### Артезианские воды нижнетриасового водоносного комплекса

Для оценки взаимосвязи подземных нижнетриасового водоносного комплекса и поверхностных вод выбрана скважина расположенная в центральной части Припятского артезианского бассейна, находящаяся в подчинении РУП «ПО «Белоруснефть». Наибольшая информация по режиму данного горизонта получена в скв. 21, которая располагается в СОК «Солнечный берег» РУП «ПО «Белоруснефть» в д. Александровка.

Режим данной скважины, как и скважины 22\_1, оборудованной на юрский горизонт, отзывчив режиму р. Сож, при этом время добегаания возмущения сопоставимо со временем по юрскому горизонту, различие наблюдается лишь в амплитуде колебания уровня (рис. 1, 2).

Полученные расчетные значения и коэффициенты корреляции подчеркивают приоритетное влияние р. Сож. Амплитуды колебания в скважине сопоставима амплитуде колебания уровня в р. Сож и р. Днепр. Коэффициент корреляции по р. Сож составил 0,98, для р. Днепр – 0,82.

#### Сква. № 21 д. Александровка

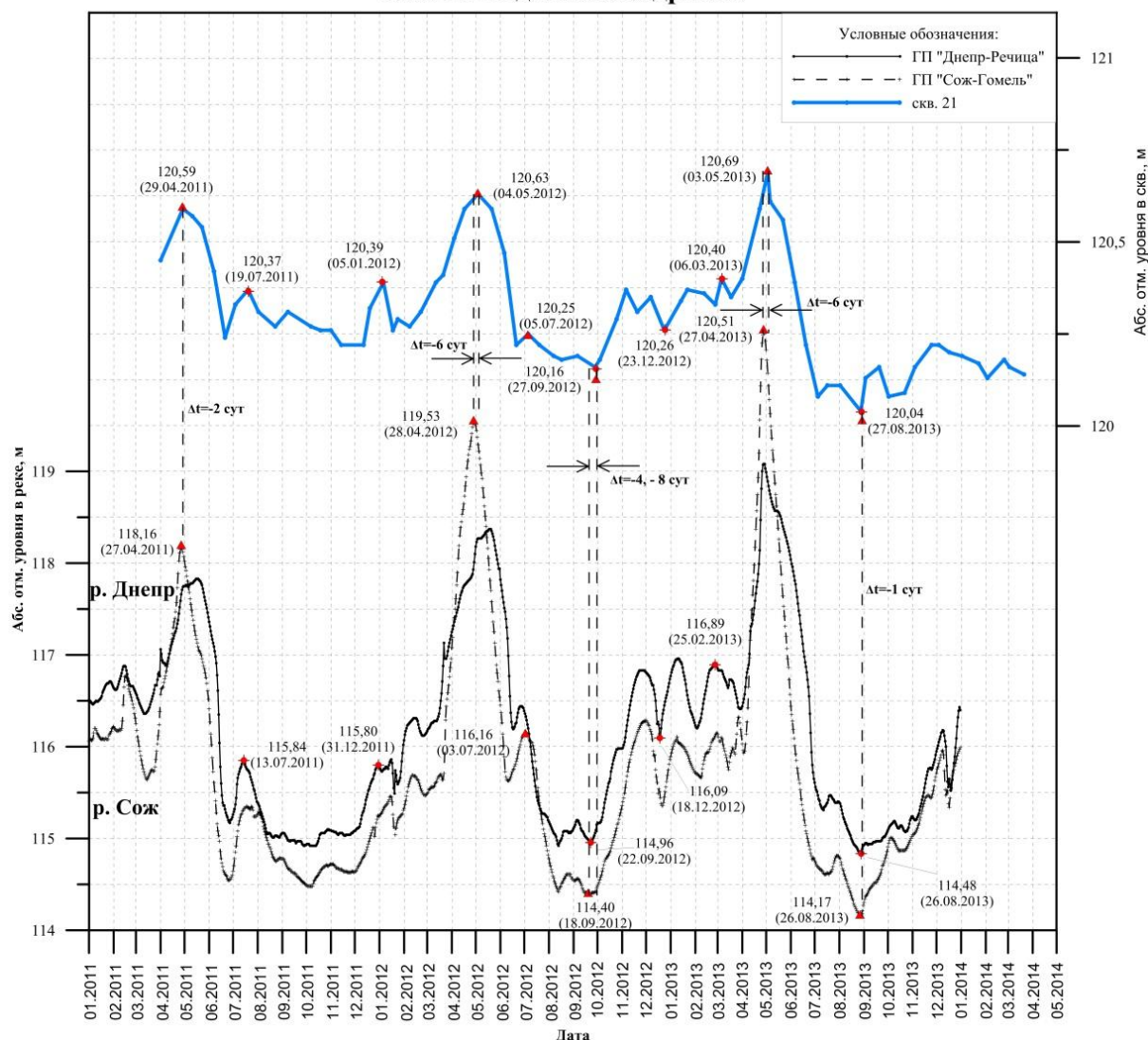


Рис. 2. Совмещенный график хода уровней подземных вод скв. 21 и поверхностных водотоков

### Заключение

По результатам исследований, проведенных автором, выявлена закономерность, заключающаяся в том, что подземные напорные воды, в пределах Припятского гидрогеологического бассейна, имеют годовой ход уровней, идентичный с годовыми изменениями здесь уровня поверхностных вод. Отличительной особенностью являются величины амплитуд и интенсивность их формирования, обусловленные глубиной залегания исследуемых подземных вод, техническим состоянием водозаборной части скважины, геолого-литологическим строением разреза, удаленностью от водотоков и водоемов.

### Выводы и рекомендации

1. Наличие оперативной информации о режиме поверхностных вод позволит скорректировать моменты замера уровней подземных вод с тем расчетом, чтобы момент замера максимально приблизить к экстремумам уровней подземных вод при проведении режимных наблюдений с низкой частотой наблюдений. Также с учетом гидрологических данных можно подобрать наиболее рациональную частоту и периодичность режимных наблюдений уровней подземных вод в новых скважинах в первый год наблюдений (оптимизация наблюдений) [3].

2. При наличии даже единичных измеренных значений уровней подземных вод в скважинах имеется возможность восстановить общую направленность динамики статического уровня при наличии режимных гидрологических данных. Возможность оценки динамики подземных вод может быть использована при гидрохимических исследованиях в тех случаях, когда отсутствует информация об уровнях подземных вод.

3. Расчет периода добегания возмущения от поверхностных вод дает косвенную оценку активности гидравлической связи их с водами подземными. Для более точного расчета периода добегания возмущения следует в некоторых случаях делать пересчет гидрологических данных на уровень створа изучаемого объекта и учесть активность развития гидрологических процессов.

4. Данные об уровненом режиме подземных вод, получаемые на освоенных участках недр эксплуатирующими предприятиями в процессе режимных наблюдений, после отбраковки могут быть использованы в системе регионального мониторинга [4].

### Литература

- 1 Режим подземных вод: Науч. издание / Г.Н. Каменский, Н.Н. Биндеман [и др.]; под ред. Г.Н. Каменского. – Л., 1938. – 188 с.
- 2 Коробейников Б.И. Особенности формирования эксплуатационных запасов альб-нижнесеноманского водоносного горизонта на территории Белоруссии: Дис. ... канд. геол.-мин. наук. – Минск, 1988. – 166 с.
- 3 Рудько В.С. Гидравлический режим подземных и поверхностных вод Припятского гидрогеологического бассейна и оптимизация режимных наблюдений // Новое в познании процессов рудообразования: Сб. науч. тр. – М.: ИГЕМ РАН, 2014. – С. 239–240.
- 4 Рудько В.С., Рагина А.Г. Теория взаимосвязи режимов поверхностных и подземных вод. Упругая передача возмущения // Актуальные вопросы наук о Земле в концепции устойчивого развития Беларуси и сопредельных государств: Сб. науч. тр. – Гомель, ГГУ им. Ф. Скорины, 2015. – С. 121–123.

УДК 556.38.04(571.66)

**В.А. Швецов<sup>1</sup>, Б.А. Опрышко<sup>2</sup>, О.А. Белавина<sup>1</sup>, В.В. Кириносенко<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003;*

<sup>2</sup>*Петропавловский водоканал,  
Петропавловск-Камчатский, 683009  
e-mail: oni@kamchatgtu.ru*

### **ВЛИЯНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ НА БЫСТРИНСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ ПИТЬЕВЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД, НА КАЧЕСТВО ВОДЫ**

В статье приведены результаты химического и микробиологического анализа воды на соответствие с требованиями СанПиН 2.1.4.1074-01 за 2013–2015 гг. Быстринского месторождения, скважина № 80. Показано, что после установки на скважину защитного оголовка и реконструкции приустьевых замка все показатели воды пришли в соответствие с требованиями СанПиН 2.1.4.1074-01.

**Ключевые слова:** водоснабжение, подземные питьевые воды, наблюдательная скважина, защитный оголовок, анализ воды

**V.A. Shvetsov<sup>1</sup>, B.A. Opryshko<sup>2</sup>, O.A. Belavina<sup>1</sup>, V.V. Kirnosenko<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003;*

<sup>2</sup>*PetropavlovskyVodokanal,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683009  
e-mail: oni@kamchatgtu.ru*

### **INFLUENCE OF INNOVATIVE ACTIVITIES PERFORMED IN BYSTRINSKOE DEPOSIT OF DRINKING GROUNDWATERS ON WATER QUALITY**

Chemical and microbiological water analysis for the correspondence with the Sanitary regulations and Norms (SanR and N) 2.1.4.1074-01 for 2013–2015 of Bystrinskoe deposit, well № 80 is resulted. It is shown that after mounting a protective head wall and reconstructing a well head lock all water indicators have been brought to the correspondence with the SanR and N 2.1.4.1074-01.

**Key words:** water supply, drinking underground waters, observation hole, protective head wall, water analysis.

Для создания территории опережающего развития в Петропавловск-Елизовской агломерации необходимы дополнительные источники питьевой воды. Наиболее перспективным источником питьевой воды является Быстринское месторождение подземных питьевых вод (БМПВ) [1–9]. Подготовкой этого месторождения к эксплуатации занимается МУП «Петропавловский водоканал». Для повышения эффективности работ, выполняемых при обустройстве БМПВ сформирован творческий коллектив, в состав которого входят работники МУП, а также сотрудники, студенты и курсанты Камчатского государственного технического университета. За время своей работы творческий коллектив разработал и внедрил на БМПВ пять полезных моделей оголовков скважин, защищенных патентами [10–14], восстановил приустьевые замки на отдельных скважинах. Выполнение этих инновационных мероприятий на БМПВ способствовало повышению качества питьевых вод, вследствие защиты их от загрязнения. Это подтверждается результатами химического и бактериологического анализа воды, выполненного аккредитованной лабораторией МУП «Петропавловский водоканал». Результаты анализа приведены в табл. 1.

Результаты химического и бактериологического анализов воды БМППВ (скважина № 80)

№ п/п	Наименование компонента	ПДК, не более	Результаты исследований			НД на методы исследований
			2013 г.	2014 г.	2015 г.	
1	Запах при 20/60°C, балл	2/2	0/0	0/0	0/0	ГОСТ 3351-74
2	Привкус при 20°C, балл	2	0	0	0	ГОСТ 3351-74
3	Цветность, градус (Сг-Со)	20	45*	0	0	ГОСТ Р 52769-2007
4	Мутность, мг/дм <sup>3</sup>	1,5	3,71*	менее 0,29	менее 0,29	ГОСТ 3351-74
5	рН, единиц рН	6–9	7,50	8,06	7,42	ПНДФ 14.1:2:3:4.121-97
6	Сухой остаток, мг/дм <sup>3</sup>	1000	41	98	193	ГОСТ 18164-72
7	Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>	0,1	0,041	менее 0,005	менее 0,005	ПНДФ 14.1:2:4.128-98
8	Жесткость, °Ж	7,0	0,57	0,8	0,90	ГОСТ 52407-2005
9	Окисляем. перм., мг.О/дм <sup>3</sup>	5,0	менее 0,25	менее 0,25	0,87	ПНДФ 14.2:4.154-99
10	Железо, мг/дм <sup>3</sup>	0,3	0,22	менее 0,05	менее 0,05	ГОСТ 4011-72
11	Марганец, мг/дм <sup>3</sup>	0,1	0,08	менее 0,01	менее 0,01	ПНДФ 14.1:2:4.188-02
12	Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup>	500	39	19	16	ГОСТ 4389-72
13	Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>	350	3,0	2,9	2,4	ГОСТ 4245-72
14	Нитраты, мг/дм <sup>3</sup>	45	3,3	7,8	6,8	ГОСТ 18826-73
15	Алюминий, мг/дм <sup>3</sup>	0,5	0,03	0,02	0,02	ГОСТ 18165-89
16	Нитриты, мг/дм <sup>3</sup>	3,0	0,051	0,004	0,009	ГОСТ 4192-82
17	Аммиак, мг/дм <sup>3</sup>	2,0	0,34	менее 0,05	менее 0,05	ГОСТ 4192-82
18	Фенолы, мг/дм <sup>3</sup>	0,001	0,0010	менее 0,0005	менее 0,0005	ПНДФ 14.1:2:4.188-02
19	КОЕ в 1 мл воды	50	0	0	0	МУК 4.2.1018-01
20	КОЕ ОКБ в 100 мл воды	Отс.	Не обн.	Не обн.	Не обн.	МУК 4.2.1018-01
21	КОЕ ТКБ в 100 мл воды	Отс.	Не обн.	Не обн.	Не обн.	МУК 4.2.1018-01

Примечание. Значения отмеченные \*, не соответствуют требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01.

Из результатов исследований проб воды отобранных на скважине № 80 следует, что после установки на скважину защитного оголовка и реконструкции приустьевоего замка все показатели воды пришли в соответствие с требованиями СанПиН 2.1.4.1074-01.

### Литература

1. *Опрышко Б.А.* Отчет о выполненных работах на Восточном участке Быстринского месторождения питьевых подземных вод в 2014 г. – Петропавловск-Камчатский: Муниципальное унитарное предприятие Петропавловск-Камчатского городского округа «Петропавловский водоканал». – 2015. – С. 72.
2. *Опрышко Б.А., Швецов В.А., Фиронов Ю.Н., Цыганов Д.А., Белавина О.А.* Оптимизация сети наблюдательных пунктов для изучения режима питьевых подземных вод Быстринского месторождения // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование: Материалы VI Всерос. науч.-практ. конф. (24–26 марта 2015 г.) – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2015. – С. 115–118.
3. *Опрышко Б.А., Швецов В.А., Петренко О.Е., Белавина О.А.* Создание стратегического резерва питьевой воды на базе Быстринского месторождения подземных вод // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование: Материалы V Всерос. науч.-практ. конф. (25–27 марта 2014 г.) – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2014. – Ч. 2. – С. 132–134.
4. *Опрышко Б.А., Швецов В.А., Белавина О.А.* Освоение восточного участка Быстринского месторождения пресных подземных вод, проблемы и перспективы развития // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование: Материалы IV Всерос. науч.-практ. конф. (18–22 марта 2013 г.) – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2013. – С. 43–46.



5. *Швецов В.А., Опрышко Б.А.* О необходимости создания децентрализованной системы водоснабжения в южной части Петропавловск-Камчатского округа // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: Материалы III Всерос. науч.-практ. конф. (20–22 марта 2012 г.). – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2012. – С. 158–161.

6. *Опрышко Б.А., Швецов В.А., Шунькин Д.В.* Обоснование необходимости разработки нового типа электроуровнемера для измерения динамического и статического уровней воды в скважинах // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: Материалы II Всерос. науч.-практ. конф. (15–18 марта 2011 г.). – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2011. – С. 65–66.

7. *Примаков А.С., Родимов Н.В., Швецов В.А.* Анализ современного состояния электрохимической активации воды, проблемы и перспективы её развития в КамчатГТУ // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: Материалы II Всерос. науч.-практ. конф. (15–18 марта 2011 г.). – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2011. – С. 73–74.

8. *Швецов В.А., Опрышко Б.А.* Обеспечение питьевой водой жителей Петропавловск-Камчатского городского округа при ЧС // Сб. тр. «Комплексное обеспечение региональной безопасности». – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2011. – (295 с.) – С. 99–100.

9. *Швецов В.А., Лякишев М.С., Касперович Е.В., Потапеня В.А., Сергеева С.П.* Разработка методики исчисления размера взыскания за ущерб, нанесённый в результате загрязнения и засорения водных объектов Камчатской области // Экономические, социальные, правовые и экологические проблемы Охотского моря и пути их решения: Материалы регион. науч.-практ. конф. (23–25 ноября 2004 г.) – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2004. – С. 193–194.

10. Пат. 154509 Российская Федерация. Оголовок наблюдательной скважины со статическим уровнем ниже поверхности земли / Опрышко Б.А., Швецов В.А., Петренко О.Е., Белавина О.А., Бессонов А.Ю. / заявитель и патентообладатель Камчатский государственный технический университет (RU). – № 2014150807; заявл. 15.12.2014. опубл. 27.08.2015, бюл. № 24.

11. Пат. 145347 Российская Федерация, U1 МПК E21B 33/03 (2006.01). Оголовок наблюдательной самоизливающейся скважины / Опрышко Б.А., Швецов В.А., Петренко О.Е., Белавина О.А., Коростылёв Д.В. / заявитель и патентообладатель Камчатский государственный технический университет (RU). – № 2014118257/03; заявл. 06.05.2014. опубл. 20.09.2014, бюл. № 26.

12. Пат. 139322 Российская Федерация, U1 МПК E21B 33/068 (2006.01). Оголовок наблюдательной скважины с переменным статическим уровнем / Опрышко Б.А., Швецов В.А., Петренко О.Е., Белавина О.А. / заявитель и патентообладатель Камчатский государственный технический университет (RU). – № 2013152504/03; заявл. 26.11.2013. опубл. 10.04.2014, бюл. № 10.

13. Пат. 133189 Российская Федерация, U1 МПК E21B 33/068 (2006.01). Оголовок наблюдательной самоизливающейся скважины / Опрышко Б.А., Швецов В.А., Белавина О.А. / заявитель и патентообладатель Камчатский государственный технический университет (RU). – № 2013109450/03; заявл. 04.03.2013. опубл. 10.10.2013, бюл. № 28.

14. Пат. 159851 Российская Федерация. Оголовок для аварийной наблюдательной самоизливающейся скважины / Опрышко Б.А., Швецов В.А., Петренко О.Е., Лях А.П., Белавина О.А. / заявитель и патентообладатель Камчатский государственный технический университет (RU). – № 2015131585; заявл. 29.07.2015. опубл. 10.02.2016, бюл. № 4.

**СПИСОК ОРГАНИЗАЦИЙ – УЧАСТНИКОВ КОНФЕРЕНЦИИ  
И ИХ АДРЕСА**

**ГУП «Петропавловский водоканал»**

683017, г. Петропавловск-Камчатский, пр. Циолковского 3/1

Тел.: (4152) 21-86-10, факс (4152) 21-86-29

E-mail: Priemnaya@pkvoda.ru

**ФГУП «Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича» (ПИНРО)**

183038, г. Мурманск, ул. Книповича, 6

Тел.: (8152) 47-25-32; факс: (8152) 47-33-31

E-mail: persey@pinro.ru

**ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ВНИРО)**

107140, г. Москва, ул. Верхняя Красносельская, 17

Тел.: (499) 264-93-87; факс: (499) 264-91-87

E-mail: vniro@vniro.ru

**ФГБОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет»**

236000, г. Калининград, пр. Советский, 1

Тел.: (4012) 99-59-01; факс: (4012) 91-68-46

E-mail: rector@klgtu.ru

**ФГБНУ «Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр» (ТИНРО-Центр)**

690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

Тел./факс: (423) 23-00-751

E-mail: www.tinro-center.ru

**ФГУП «Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр, Хабаровский филиал» (ХФТИНРО)**

680000, г. Хабаровск, Амурский бульвар, 13-А

Тел./факс: (4212) 31-54-47

E-mail: khv@tinro.khv.ru

**ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный технический университет»**

414025, г. Астрахань, ул. Татищева, 16

Тел.: (8512) 25-09-23, факс (8512) 25-73-68

E-mail: post@astu.org

**ФГБОУ ВПО «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет» (ФГБОУ ВПО «Дальрыбвтуз»)**

690950, г. Владивосток, ул. Луговая, 52-б

Тел.: (4232) 44-03-06, факс (4232) 44-24-32

E-mail: 4232441176@mail.ru

**Актюбинский региональный государственный университет имени К. Жубанова (АРГУ им. К. Жубанова)**

030000, Казахстан, г. Актобе, пр. А.Молдагуловой, 34

Тел.: 8 (7132) 54-06-19

E-mail: info@arsu.kz



**Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины**  
246019, Беларусь, г. Гомель, ул. Советская, 104  
Тел.: 8 (0232) 60-73-71, факс 57-81-11  
www.gsu.by

**НОУ ВПО «Таганрогский институт управления и экономики» (НОУ ВПО ТИУиЭ)**  
347900, г. Таганрог, ул. Петровская, 45  
Тел.: (8634)-383-360  
E-mail: info@tmei.ru

**ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет»**  
355009, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1  
Тел.: (8652) 95-68-08, факс: (8652) 95-68-03  
E-mail: info@ncfu.ru

**Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка**  
220030, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Советская, 18  
Тел./факс: 375 (17) 226-40-24  
E-mail: bspu@bspu.unibel.by

**Белорусский государственный экономический университет**  
220125, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Ложинская, 5-9  
Тел.: 375 (17) 229-12-98  
E-mail: press@bseu.by

**ФГБНУ «Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (КамчатНИРО)**  
683000, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Набережная, 18  
Телефон, факс: (415-2) 41-27-01  
E-mail: kamniro@kamniro.ru

**ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет» (ФГБОУ ВО «КубГУ»)**  
Адрес: 350040 г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149  
Телефон: 8(861)219-95-01  
Факс: 8(861)219-95-17  
E-mail: rector@kubsu.ru

**Новороссийский учебный и научно-исследовательский морской биологический центр (НУНИМБЦ) филиал ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет» (ФГБОУ ВО «КубГУ»)**  
353905, г. Новороссийск, ул. Набережная, 43  
Тел./факс: (861-7)71-57-97, 71-20-13  
E-mail: biozentr@yandex.ru

**ФГБОУ ВПО «Морской государственный университет имени адм. Г.И. Невельского»**  
690003, г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, д.50а  
Телефон: (423) 230-12-51  
Факс: (423) 251-76-39  
E-mail: office@msun.ru

**ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»**  
119991, г. Москва, Ленинские горы, 1  
Телефон: (495) 939-10-00  
Факс: (495) 939-01-26  
www.msu.ru  
E-mail: info@rector.msu.ru

**ФГБНУ «Сахалинский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (СахНИРО)**

693023, г. Южно-Сахалинск, ул. Комсомольская, 196

Телефон: (4242) 45-67-79

Факс: (4242) 45-67-78

E-mail: sakhniro@sakhniro.ru

**ФГБНУ «Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова Российской академии наук» (ИПЭЭ РАН)**

119071, г. Москва, Ленинский проспект, 33.

Телефон: (495) 954-75-53;

Факс: (495) 954-55-34;

E-mail: admin@sevin.ru

**Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН**

683000, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Партизанская, 6

Телефон: +7 (4152) 424740

Факс: +7 (4152) 412464

E-mail: kftigkamchatka@mail.ru

Ответственный за выпуск В.И. Карпенко

**ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ, ИХ СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ОХРАНА,  
ПРОМЫСЛОВОЕ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ**

*Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции  
с международным участием  
(22–24 марта 2016 г.)*

*Часть II*

В авторской редакции  
Технический редактор О.А. Лыгина  
Верстка, оригинал-макет О.А. Лыгина  
Фото на обложке С.О. Очеретяна

Подписано в печать 22.03.2016 г.  
Формат 61\*86/8. Печать цифровая. Гарнитура Times New Roman  
Авт. л. 16,26. Уч.-изд. л. 16,62. Усл. печ. л. 17,44  
Тираж 200 экз. Заказ № 16

Издательство  
Камчатского государственного технического университета

Отпечатано полиграфическим участком издательства КамчатГТУ  
683003, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Ключевская, 35