

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

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

*Материалы  
VIII Всероссийской научно-практической конференции,  
посвященной 75-летию рыбохозяйственного образования на Камчатке*

*(12–14 апреля 2017 г.)*

***Часть II***



Петропавловск-Камчатский  
2017

УДК 504  
ББК 20.1  
П77

Ответственный за выпуск  
доктор биологических наук  
*Н.Г. Клочкова*

Редакционная коллегия

*В.И. Карпенко, д.б.н.; О.А. Белов, к.т.н.; А.А. Бонк, к.б.н.;  
М.В. Ефимова, к.б.н.; Г.А. Лазарев, к.с.-х.н., Н.С. Салтанова, к.т.н.;  
Н.А. Ступникова, к.б.н.; Л.М. Хорошман, к.г.н.;  
М.П. Гузь, специалист по НТИ ОНИ*

П77 **Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование** : материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 75-летию рыбохозяйственного образования на Камчатке (12–14 апреля 2017 г.) : в 2 ч. / отв. за вып. Н.Г. Клочкова. – Ч. II. – Петропавловск-Камчатский : КамчатГТУ, 2017. – 146 с.

ISBN 978-5-328-00364-3  
ISBN 978-5-328-00366-7 (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 978-5-328-00366-7 (ч. II)  
ISBN 978-5-328-00364-3

© КамчатГТУ, 2017  
© Авторы, 2017

## СОДЕРЖАНИЕ

### Секция 2. СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ РЫБОЛОВСТВА, ТЕХНИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

<b>Ахмедов И.М., Наумов В.А.</b> Задачи равновесия сферического тела, закрепленного на нити в водоеме.....	5
<b>Белавина О.А., Швецов В.А., Шунькин Д.В., Щелканова Л.М.</b> Совершенствование контроля качества операции смешения компонентов шихты в пробирном анализе.....	10
<b>Костенко А.В., Голубенко М.М., Эстрин С.О.</b> Получение моторных топлив из газоконденсата .....	12
<b>Костенко А.В., Холенко А.С., Змерзлов М.И.</b> Повышение дебита нефтяных скважин при помощи гидравлического разрыва пласта .....	15
<b>Наумов В.А., Алиева А.Х., Сысоева П.С.</b> Обработка массивов ежедневной информации об уровнях реки Камчатки с применением компьютерных технологий.....	18
<b>Наумов В.А., Сулейманов С.Н.</b> Расчет осаждения на дне водотока слоя взвешенных примесей из точечного источника.....	22
<b>Недоступ А.А., Ражев А.О.</b> Математическая модель траловой доски для задач численного моделирования разноглубинной траловой системы методами точечных масс и расщепления в динамике.....	28
<b>Ражев А.О., Недоступ А.А.</b> О верификации математической модели траловой доски для задач численного моделирования разноглубинной траловой системы.....	32
<b>Швецов В.А.</b> Совершенствование аналитического контроля поиска и разведки золоторудных месторождений Камчатского края.....	37
<b>Швецов В.А., Белавина О.А., Иванова А.П., Гузь М.П.</b> Определение восстановительной способности руд золотосодержащих месторождений Камчатского края .....	39
<b>Шунькин Д.В., Швецов В.А., Чичева В.П., Белавина О.А.</b> Использование метода варьирования массы навесок в пробирном анализе кварц-сульфидных золотосодержащих руд .....	42

### Секция 3. НОВЫЕ ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

<b>Агеев О.В., Фатыхов Ю.А., Самойлова Н.В.</b> Разработка мехатронного устройства для резки рыбного филе на ломтики .....	45
<b>Аллерт А.А., Альшевская М.Н.</b> Исследование влияния овощных масс на качество и жизнеспособность хлебопекарных дрожжей при производстве хлебобулочных изделий функционального назначения .....	50
<b>Благонравова М.В., Кузьмина А.Э.</b> Перспективы использования растительного сырья Камчатского края при производстве карамели .....	53
<b>Ефимов А.А., Ефимова М.В., Кузьмичев Ю.В., Урушадзе Д.С.</b> Влияние обработки озоном на микробиологические показатели икры лососевой зернистой ....	57
<b>Жукова Е.С., Альшевская М.Н., Воробьев В.И.</b> Изучение аминокислотного состава вкусоароматической добавки из кильки балтийской .....	62
<b>Мищенко О.В., Салтанова Н.С.</b> Использование отвара бурых водорослей при производстве хлебобулочных изделий .....	66

<b>Попкова Д.В., Анохина О.Н.</b> Возможность использования чечевицы в производстве мясного хлеба .....	70
<b>Разгуляева О.И., Мезенова О.Я.</b> Микробиологические аспекты безопасности геродиетического кисломолочного напитка «БИОМИКС» .....	73

#### **Секция 4. СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ, ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**

<b>Бровкин А.Е., Потапов В.В., Хорошман Л.М., Власова И.М.</b> Основные факторы, влияющие на состав и объемы поверхностных сточных вод, поступающих в озеро Култучное города Петропавловска-Камчатского .....	79
<b>Бугранова О.С., Цупикова Н.А., Костыря Ю.С.</b> Оценка экологического состояния западной части пруда Форелевого (г. Калининград) в 2015–2016 гг. ....	84
<b>Горбачева Е.А.</b> Оценка токсичности донных отложений на разрезе «Кольский меридиан» (Баренцево море) методом биотестирования .....	89
<b>Климовский Н.В., Мохова О.Н., Чернова В.Г., Каргин М.В.</b> Распределение загрязняющих веществ в водах Белого моря.....	93
<b>Коростелев С.Г.</b> Проблемы рационального использования водных биоресурсов в современных условиях .....	97
<b>Кривопускова Е.В., Соколов А.В.</b> Оценка удержания биогенных веществ водосборным бассейном озера Виштынецкого (в пределах Калининградской области) .....	100
<b>Ляндзберг Р.А.</b> Какой радионуклид опаснее: стронций-90 или цезий-137? .....	105
<b>Ненашева Е.М.</b> Изучение фауны пауков (Arachnida: Aranei) особо охраняемых природных территорий Камчатки как этап понимания современного состояния биологического разнообразия эталонных природных комплексов региона.....	108
<b>Петракова И.В.</b> Мониторинг загрязнения морских вод и донных отложений бенз(а)пиреном в зонах интенсивной хозяйственной деятельности Белого моря.....	113
<b>Ступникова Н.А., Шувев В.В.</b> Опыт применения геоинформационных систем в Камчатском крае для охраны рыбных ресурсов .....	116
<b>Уманский С.А., Буйняченко П.П., Уманский А.С.</b> Современное экологическое состояние бассейна реки Гурьевка.....	120
<b>Федюк Р.С., Смоляков А.К., Тимохин Р.А.</b> Природные ресурсы и климатические условия Приморского края с точки зрения строительного производства .....	125
<b>Хорошман Л.М., Лазарев Г.А., Власова И.М.</b> Камчатский край как природно-уникальный регион России .....	129
<b>Цупикова Н.А., Берникова Т.А., Блоцкая Е.Н., Рябцева Е.А.</b> Экологическое состояние системы прудов Верхнего и Нижнего (г. Калининград) как рекреационного объекта внутри урбанизированной территории .....	134
<b>Цупикова Н.А., Лоцицкая Е.А.</b> Влияние рекреационной нагрузки на экологическое состояние пруда Пелавского (г. Калининград) в 2016 г. ....	139
Список организаций – участников конференции и их адреса .....	144

**Секция 2. СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ РЫБОЛОВСТВА,  
ТЕХНИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ**

УДК 556.5:004.9

**И.М. Ахмедов, В.А. Наумов**

*Калининградский государственный технический университет,  
Калининград, 236022  
e-mail: van-old@mail.ru*

**ЗАДАЧИ РАВНОВЕСИЯ СФЕРИЧЕСКОГО ТЕЛА,  
ЗАКРЕПЛЕННОГО НА НИТИ В ВОДОЕМЕ**

Рассмотрены задачи равновесия сферического твердого тела в воде, закрепленного на сравнительно короткой нити, нейтральной плавучести. Так что силой тяжести и гидродинамическим сопротивлением самой нити по сравнению с силами, действующими на тело, можно пренебречь. Найдена зависимость высоты части сферы, находящейся над неподвижной водой, от отношения плотностей. Установлено, что тангенс угла наклона нити, на которой закреплена сфера в толще воды, обратно пропорционален величине модифицированного числа Фруда. Предложен новый критерий подобия, по величине которого можно определить, будет ли сферическое тело полностью погружено в воду. Получена формула, позволяющая оценить необходимую для этого скорость потока.

**Ключевые слова:** сферическое тело, водоток, тонкая нить, гидродинамическое сопротивление, задачи равновесия, критерии подобия.

**I.M. Ahmedov, V.A. Naumov**

*Kaliningrad State Technical University»,  
Kaliningrad, 236022  
e-mail: van-old@mail.ru*

**BALANCE TASKS OF A SPHERICAL BODY MOUNTED ON THE THREAD  
IN THE RESERVOIR**

The spherical solids balance tasks in the water, fixed on a relatively short thread, neutral buoyancy are resolved. Gravity and hydrodynamic drag of the filament compared to the forces acting on a body can be neglected. The height of the sphere is located above the still water dependence on the ratio of the densities is found. It is found that the tangent of the thread angle on which the field is fixed in the water is inversely proportional to the value of the modified Froude number. A new similarity criterion is proposed. According to the magnitude criterion, one can determine whether a spherical body is completely submerged in water. The formula allowing to estimate the required flow rate is obtained.

**Key words:** spherical body, watercourse, thin thread, hydrodynamic drag, equilibrium problems, similarity criteria.

Модель твердого тела, закрепленного на гибкой нити в потоке воды, широко используется при решении инженерных проблем. В различных задачах твердое тело может быть сферической или более сложной формы. Так, к деталям оснастки орудий рыболовства, имеющим форму шара, относятся: поплавки, кухтылы, буи и бобинцы [1]. Речные плавучие знаки навигационного оборудования (буи) имеют, как правило, цилиндрическую или коническую форму [2]. В опубликованных работах [3–8] с задачами равновесия твердого тела, закрепленного в потоке, важнейшим элементом исследования было влияние на решение силы тяжести каната (троса) и силы гидродинамического сопротивления воды, действующей на него. Такой подход справедлив, когда канат имеет плотность, значительно отличающуюся от плотности воды,

и длину, многократно превышающую размеры тела. В данной статье рассмотрен случай твердого тела на сравнительно короткой нити, нейтральной плавучести. Так что силой тяжести и гидродинамическим сопротивлением самой нити по сравнению с силами, действующими на тело, можно пренебречь.

### Задача 1

Однородная сфера радиусом  $r_0$  плотностью  $\rho$  находится в равновесии в водоеме с неподвижной водой плотностью  $\rho_f$  (рис. 1, а). Исследовать влияние отношения плотностей на высоту  $h$  части сферы, находящейся над водой.

Объем шарового сегмента (части сферы выше поверхности воды)

$$V_1 = \pi \cdot h \cdot (3r^2 + h^2) / 6. \quad (1)$$

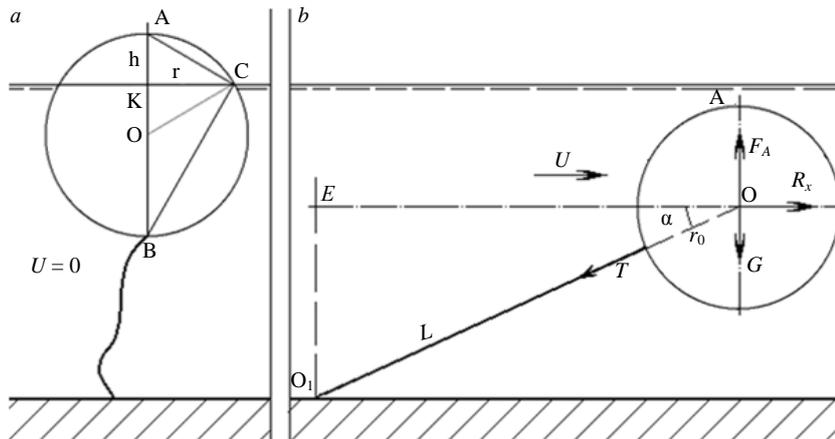


Рис. 1. Равновесие сферического тела в водоеме:  
а – в неподвижной воде; б – в водотоке при большой скорости  $U$

Из подобия треугольников ВСК и АСК

$$\frac{|KC|}{|KA|} = \frac{|KB|}{|KC|} \text{ или } \frac{r}{h} = \frac{2r_0 - h}{r}. \quad (2)$$

Из (2) следует

$$r^2 = h \cdot (2r_0 - h). \quad (3)$$

Подставляя (3) в (1), получим

$$V_1 = \pi \cdot (6h^2 r_0 - 2h^3) / 6 = \pi \cdot (3h^2 r_0 - h^3) / 3. \quad (4)$$

Объем части сферы, находящейся в воде,

$$V_2 = \frac{4\pi}{3} r_0^3 - \frac{\pi}{3} \cdot (3h^2 r_0 - h^3) = \frac{\pi}{3} \cdot (4r_0^3 - 3h^2 r_0 + h^3). \quad (5)$$

Силу Архимеда, равную весу объема воды, вытесненного телом ( $F_A = V_2 \rho_f$ ), приравниваем к весу сферы  $G$

$$F_A = G \text{ или } \frac{\pi}{3} \cdot (4r_0^3 - 3h^2 r_0 + h^3) \cdot \rho_f = \frac{4\pi}{3} r_0^3 \rho. \quad (6)$$

В (6) перенесем все слагаемые в левую часть уравнения, разделим обе части уравнения на  $4\pi r_0^3 \rho_f / 3$  и получим уравнение в безразмерных переменных

$$f(\eta) = \eta^3 - 3\eta^2 + 4 - \frac{4}{\lambda} = 0; \quad \eta = \frac{h}{r_0}; \quad \lambda = \frac{\rho_f}{\rho}. \quad (7)$$

По (7) критерием подобия задачи 1 является отношение плотностей  $\lambda$ .

Алгебраическое уравнение 3-го порядка (7) решим численным методом в среде Mathcad [9] при  $\rho_f = 1000 \text{ кг/м}^3$ ;  $\rho = 700 \text{ кг/м}^3$ ;  $\lambda = 1,429$ . На рис. 2, а видно, уравнение (7) имеет 3 действительных корня. Проведем отделение корней. Интервалы, содержащие по одному корню:  $(-1; 0)$ ,  $(0; 1)$ ,  $(2; 3)$ . Но физическому смыслу задачи соответствует только один из них, принадлежащий интервалу  $(0; 1)$ :  $\eta_0 = 0,727$ .

Решение кубических уравнений может быть найдено и одним из аналитических методов [10]. Но приведенное численное решение проще.

Исследуем влияние отношения плотностей на решение в среде Mathcad:

$$i := 1..300 \quad \lambda_i := 1 + 0.1 \cdot i$$

$$\eta_{0i} := \text{root} \left( \eta^3 - 3 \cdot \eta^2 + 4 - \frac{4}{\lambda_i}, \eta, 0, 1 \right).$$

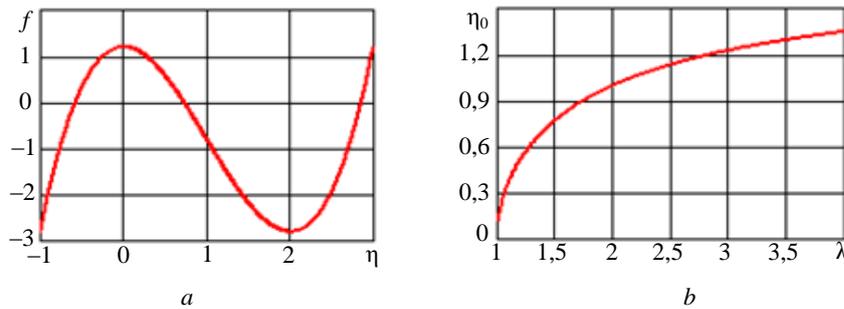


Рис. 2. Решение уравнения равновесия сферы в неподвижной воде:  
а – отделение корней; б – зависимость безразмерной высоты от отношения плотностей

Рис. 2, б показывает, как увеличивается безразмерная высота части сферы, находящейся над водой, с ростом отношения плотностей, т. е. с уменьшением плотности тела.

## Задача 2

Однородная сфера радиусом  $r_0$  плотностью  $\rho < \rho_f$  закреплена на тонкой нити с нейтральной плавучестью в потоке воды скоростью  $U$  (см. рис. 1, б). Гидродинамическим сопротивлением нити можно пренебречь. Исследовать влияние параметров задачи на угол  $\alpha$ .

Уравнения равновесия для сходящейся системы сил, действующих на твердое тело:

$$R_x = T \cdot \cos \alpha, \quad F_A - G = T \cdot \sin \alpha, \quad (8)$$

где величины сил  $T$  – натяжения;  $G$  – тяжести;  $R_x$  – гидродинамического сопротивления;  $F_A$  – Архимеда находим по формулам ( $g$  – ускорение свободного падения):

$$R_x = 0,5 C_x \cdot \pi \cdot r_0^2 \rho_f \cdot U^2, \quad F_A - G = \frac{4}{3} \pi \cdot r_0^3 (\rho_f - \rho) \cdot g, \quad (9)$$

$$T = \sqrt{R_x^2 + (F_A - G)^2}. \quad (10)$$

Считаем, что числа Рейнольдса сферы достаточно велики, область гидродинамического сопротивления – квадратичная,  $C_x = 0,44 = \text{const}$  [4, 5].

Тангенс искомого угла

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{F_A - G}{R_x} = \frac{8 \cdot \pi \cdot r_0^3 (\rho_f - \rho) \cdot g}{3C_x \cdot \pi \cdot r_0^2 \rho_f \cdot U^2} = \frac{8 \cdot r_0 (\lambda - 1) \cdot g}{3C_x \cdot U^2} = \frac{3,03}{Fr_M}, \quad (11)$$

$$Fr_M = Fr / (\lambda - 1), \quad Fr = U^2 / (d \cdot g),$$

где  $d$  – диаметр сферы,  $Fr$  – число Фруда,  $Fr_M$  – модифицированное число Фруда [11].

По (11) критерием подобия задачи 2 является модифицированное число Фруда: чем больше величина  $Fr_M$ , тем меньше угол  $\alpha$ .

### Задача 3

В условиях задачи 2 известна глубина водотока  $H$  и длина нити  $L \geq H - 2r_0$ . Найти, какой должна быть скорость, чтобы сфера оставалась полностью в воде, пренебрегая изменением силы гидродинамического сопротивления при приближении к поверхности.

Пусть сфера касается водной поверхности (точка  $A$  на рис. 1,  $b$  находится на поверхности воды). В указанном положении угол может быть найден из прямоугольного треугольника  $OEO_1$ :

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{H - r_0}{\sqrt{(L + r_0)^2 - (H - r_0)^2}} = \frac{1}{\sqrt{\theta^2 - 1}}, \quad \theta = \frac{L + r_0}{H - r_0} \geq 1. \quad (12)$$

Приравнивая выражения (11) и (12), получим

$$Fr_M = 3,03 \cdot \sqrt{\theta^2 - 1}. \quad (13)$$

Из физических соображений понятно, чтобы сфера не касалась поверхности воды, скорость должна быть большей, чем по формуле (13). Получаем неравенство

$$Fr_M > \varphi(\theta) = 3,03 \cdot \sqrt{\theta^2 - 1}. \quad (14)$$

На первый взгляд, по (14) задача 3 имеет 2 критерия подобия ( $Fr_M$  и  $\theta$ ). В действительности, и в задаче 3 один критерий подобия, который обозначим  $Ah$ . Это становится ясно, если преобразовать неравенство (14):

$$Ah = Fr_M / \sqrt{\theta^2 - 1} > 3,03. \quad (15)$$

Подставляя в (14) выражение для  $Fr_M$ , запишем неравенство для скорости

$$U > \sqrt{\varphi(\theta) \cdot (\lambda - 1) \cdot g \cdot d}. \quad (16)$$

На рис. 3 показаны рассчитанные по (16) граничные скорости полного погружения сферического тела, закрепленного на нити в водотоке. С увеличением  $\theta$ ,  $\lambda$ ,  $d$  такая скорость растёт. Условия полного погружения для каждого набора параметров выполняются выше соответствующей линии.

Покажем, как воспользоваться решением задачи 3 при следующих данных:  $r_0 = 0,1$  м;  $\rho_f = 1000$  кг/м<sup>3</sup>;  $\rho = 700$  кг/м<sup>3</sup>;  $H = 0,9$  м;  $L = 1,3$  м. Рассчитаем параметры:

$$\lambda = \rho_f / \rho = 1000/700 = 1,429;$$

$$\theta = (L + r_0) / (H - r_0) = 1,4 / 0,8 = 1,75;$$

$$\varphi(\theta) = 3,03 \cdot \sqrt{\theta^2 - 1} = 3,03 \cdot \sqrt{1,75^2 - 1} = 4,352;$$

$$U_{cp} = \sqrt{\varphi(\theta) \cdot (\lambda - 1) \cdot g \cdot d} = \sqrt{4,352 \cdot (1,429 - 1) \cdot 9,81 \cdot 0,2} = 1,912 \text{ м/с}.$$

Если скорость потока  $U > U_{cp}$ , сфера будет полностью погружена в воду. При  $U < U_{cp}$  часть сферы будет находиться выше уровня воды.

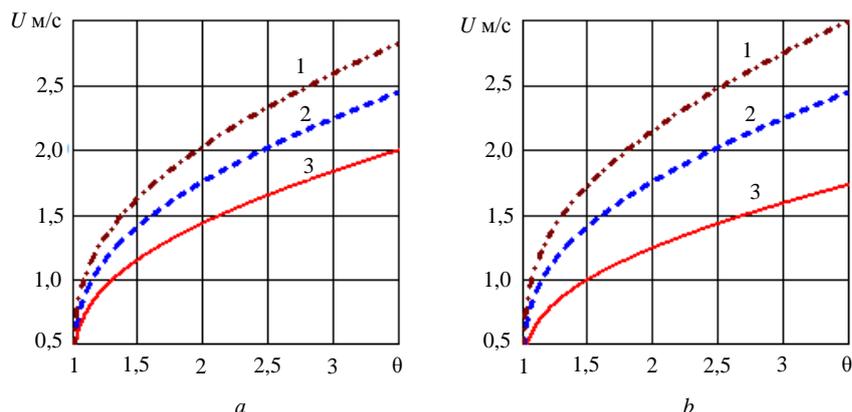


Рис. 3. Граничные скорости полного погружения сферического тела в водотоке.  
 а – при  $\lambda = 1,4$  и различных диаметрах: 1 –  $d = 0,1$  м; 2 –  $d = 0,15$  м; 3 –  $d = 0,2$  м;  
 б – при  $d = 0,15$  м и различных значениях  $\lambda$ : 1 –  $\lambda = 1,2$ ; 2 –  $\lambda = 1,4$ ; 3 –  $\lambda = 1,6$

Следующим шагом мог бы быть расчет высоты части сферического тела над поверхностью воды. Однако в рамках рассматриваемых, достаточно простых моделей такое решение будет только оценивать порядок величин. Дело в том, что уже в задачах 2 и 3 были использованы упрощенные модели явления: в задаче 2 было принято приближение постоянства скорости потока по глубине, в задаче 3 не учтено изменение силы гидродинамического сопротивления сферы при ее приближении к поверхности. Чтобы рассчитать силу гидродинамического сопротивления сферического тела, частично погруженного в воду, придется использовать более сложные модели, что не входит в задачи данной статьи.

Таким образом, с помощью достаточно простых моделей удалось рассчитать параметры сферического тела с положительной плавучестью, закрепленного в потоке воды на тонкой невесомой нити. Установлено, что тангенс угла наклона нити, на которой закреплена сфера в толще воды, обратно пропорционален величине модифицированного числа Фруда. Предложен новый критерий подобия, по величине которого можно определить, будет ли сферическое тело полностью погружено в воду.

### Литература

1. Недоступ А.А. Методы расчета пассивных сетных орудий внутреннего и прибрежного рыболовства: Моногр. – Калининград: Изд-во КГТУ, 2010. – 280 с.
2. Водные пути и гидротехнические сооружения: Учеб. / Г.Л. Гладков, М.В. Журавлев, А.В. Москаль и др. – СПб.: Изд-во СПГУВК, 2011. – 440 с.
3. Меркин Д.Р. Введение в механику гибкой нити: Моногр. – М.: Наука, 1980. – 240 с.
4. Розенштейн М.М. Механика орудий рыболовства: Учеб. пособие. – Калининград: Изд-во КГТУ, 2000. – 364 с.
5. Наумов В.А., Агиевич Н.А. Численное решение краевой задачи о равновесии сферического тела на тросах в однородном потоке // Известия КГТУ. – 2013. – № 31. – С. 58–63.
6. Наумов В.А., Рожков А.А. Влияние профиля скорости водотока на равновесие тела, закрепленного тросом на дне // Комплексное использование водных объектов Калининградской области: Сб. науч. тр. – Калининград: Изд-во КГТУ, 2013. – С. 93–98.
7. Наумов В.А., Ахмедов И.М. Численный метод решения трехмерной задачи равновесия сферического тела на тросе в потоке // Известия КГТУ. – 2015. – № 37. – С. 63–72.
8. Наумов В.А., Ахмедов И.М. Пространственная задача равновесия сферического тела, закрепленного канатом на дне, в потоке // III Балтийский морской форум: Материалы Междунар. морского форума. – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2015. – С. 591–598.
9. Наумов В.А. Прикладная математика: Учеб. пособие по решению профессиональных задач в среде Mathcad для студентов вузов, обучающихся в магистратуре. – Калининград: Изд-во КГТУ, 2014. – 144 с.
10. Веткос И.Г. Новый метод решения кубических уравнений с рациональными корнями // Молодежный научно-технический вестник: Электронный журнал. – 2016. – № 9. – URL: <http://sntbul.bmstu.ru/doc/848730.html>
11. Наумов В.А. Динамика дисперсных частиц в вязкой среде: Моногр. – Калининград: Изд-во КГТУ, 2016. – 194 с.

УДК 552.08:666.1.022.4

О.А. Белавина<sup>1</sup>, В.А. Швецов<sup>1</sup>, Д.В. Шунькин<sup>1</sup>, Л.М. Щелканова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003;

<sup>2</sup>ОАО «Камчатгеология»,  
Петропавловск-Камчатский, 683016  
e-mail: oni@kamchatgtu.ru

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ОПЕРАЦИИ СМЕШЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ ШИХТЫ В ПРОБИРНОМ АНАЛИЗЕ

В статье предложено усовершенствовать способ контроля качества смешения материала аналитической навески и компонентов шихты, используя результаты холостых опытов, выполненных в рутинном анализе, при этом одновременно контролируется качество капелей.

**Ключевые слова:** пробирный анализ, операция смешения, качество капелей.

O.A. Belavina<sup>1</sup>, V.A. Shvetsov<sup>1</sup>, D.V. Shunkin<sup>1</sup>, L.M. Shchelkanova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003;

<sup>2</sup>JSC «Kamchatgeology»,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683016  
e-mail: oni@kamchatgtu.ru

## IMPROVING THE QUALITY CONTROL OF MIXING OPERATIONS OF BATCH COMPONENTS IN THE ASSAY ANALYSIS

The paper proposes to improve the method of quality control of mixing the analytical sample material and batch components using the results of dummy experiments made in routine analysis. In addition simultaneously the cupel quality is controlled.

**Key words:** assay test, operation of mixing, quality of cupels.

Разведка и разработка золоторудных месторождений – приоритетное направление экономики Камчатского края. При этом пробирный анализ по-прежнему остается основным методом определения золота и серебра в рудах и продуктах их переработки. Известно [1], что точность результатов пробирного анализа зависит от качества перемешивания компонентов шихты и материала аналитической навески. Качество операции смешения навески с шихтой визуально оценивают по однородности цвета гомогенной смеси материала пробы и реактивов. В работе [2] предлагается использовать для контроля качества смешения результаты холостого опыта. Авторы усовершенствовали этот способ и использовали его при разведке месторождения «Кумроч». Для этого использовали представительную выборку холостых опытов, выполненных в рутинном анализе. Результаты холостых опытов подвергли математико-статистической обработке, согласно рекомендациям [3, 4], и привели их в таблице.

Таблица

Результаты холостых опытов

№ п/п	Масса Pb <sub>i</sub> , г	Σ Au+Ag, C <sub>i</sub> , мг	Pb		Σ Au+Ag	
			Pb <sub>i</sub> – Pb <sub>ср</sub>	(Pb <sub>i</sub> – Pb <sub>ср</sub> ) <sup>2</sup>	C <sub>i</sub> – C <sub>ср</sub>	(C <sub>i</sub> – C <sub>ср</sub> ) <sup>2</sup>
1	27,5	0,331	1,3	1,69	-0,112	0,012544
2	25,0	0,320	-1,2	1,44	-0,123	0,015129

№ п/п	Масса Pb <sub>i</sub> , г	Σ Au+Ag, C <sub>i</sub> , мг	Pb		Σ Au+Ag	
			Pb <sub>i</sub> - Pb <sub>ср</sub>	(Pb <sub>i</sub> - Pb <sub>ср</sub> ) <sup>2</sup>	C <sub>i</sub> - C <sub>ср</sub>	(C <sub>i</sub> - C <sub>ср</sub> ) <sup>2</sup>
3	27,5	0,330	1,3	1,69	-0,113	0,012769
4	24,0	0,340	-2,2	4,84	-0,103	0,010609
5	26,5	0,300	0,3	0,09	-0,143	0,020449
6	24,5	0,315	-1,7	2,89	-0,128	0,016384
7	23,0	0,333	-3,2	10,24	-0,11	0,012100
8	26,5	0,481	0,3	0,09	0,038	0,001444
9	27,5	0,472	1,3	1,69	0,029	0,000841
10	28,5	0,502	2,3	5,29	0,059	0,003481
11	28,0	0,506	1,8	3,24	0,063	0,003969
12	28,5	0,547	2,3	5,29	0,104	0,010816
13	26,5	0,504	0,3	0,09	0,061	0,003721
14	29,0	0,479	2,8	7,84	0,036	0,001296
15	28,0	0,491	1,8	3,24	0,048	0,002304
16	28,0	0,490	1,8	3,24	0,047	0,002209
17	27,0	0,489	0,8	0,64	0,046	0,002116
18	28,5	0,524	2,3	5,29	0,081	0,006561
19	28,5	0,47	2,3	5,29	0,027	0,000729
20	27,0	0,467	0,8	0,64	0,024	0,000576
21	25,5	0,442	-0,7	0,49	-0,001	0,000001
22	29,5	0,488	3,3	10,89	0,045	0,002025
23	28,5	0,490	2,3	5,29	0,047	0,002209
24	25,0	0,496	-1,2	1,44	0,053	0,002809
25	29,5	0,514	3,3	10,89	0,071	0,005041
26	29,0	0,518	2,8	7,84	0,075	0,005625
27	24,0	0,435	-2,2	4,84	-0,008	0,000064
28	24,0	0,440	-2,2	4,84	-0,003	0,000009
29	26,5	0,467	0,3	0,09	0,024	0,000576
30	26,0	0,480	-0,2	0,04	0,037	0,001369
Σ	807,0	13,461	21,0	111,40	0,171	0,159776
Среднее значение	26,9	0,443				
Дисперсия	3,84	0,005509				
Стандартное отклонение	1,96	0,074226				
Коэффициент вариации, %	7,3	16,8				

Из результатов исследования следует, что предлагаемый авторами методический прием может быть одновременно использован для контроля качества смешения шихты и аналитической навески, а также для контроля качества капелей.

### Литература

1. Швецов В.А. Химическое опробование золоторудных месторождений. – Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатГТУ, 2008. – 220 с.
2. Швецов В.А., Щелканова Л.М., Пахомова В.В. Использование результатов холостого опыта в пробирном анализе // Заводская лаборатория. – 1989. – № 8. – С. 11.
3. Смагунова А.Н., Шмелева Е.И., Швецов В.А. Алгоритмы оперативного и статистического контроля качества работы аналитической лаборатории. – Новосибирск: Наука, 2008. – 60 с.
4. Смагунова А.Н., Карпукова О.М. Методы математической статистики в аналитической химии: Учеб. пособие. – Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2008. – 339 с.

УДК 62-62

**А.В. Костенко, М.М. Голубенко, С.О. Эстрин**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: andr13kost@list.ru*

## **ПОЛУЧЕНИЕ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ ИЗ ГАЗОКОНДЕНСАТА**

В работе предложено осуществлять переработку газового конденсата в моторное топливо. Это позволит снизить зависимость Камчатки от привозного топлива и снизить его себестоимость. Показано, что Камчатский край имеет достаточную сырьевую базу для решения проблемы обеспечения топливом. Газовые конденсаты представляют собой ценнейшее сырье для получения моторных топлив. Показана схема установки для получения моторных топлив из углеводородов, рассмотрен принцип ее действия, приведены преимущества.

**Ключевые слова:** газоконденсатное месторождение, газовый конденсат, моторное топливо, установка для получения топлив, разделитель фракций.

**A.V. Kostenko, M.M. Golubenko, S.O. Estrin**

*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: andr13kost@list.ru*

## **MANUFACTURE OF MOTOR FUELS FROM GAS CONDENSATE**

The article proposes to process gas condensate into motor fuel. It will reduce the Kamchatka dependence on imported fuel and reduce fuel cost. It is shown that the Kamchatka region has a sufficient resource base for solving the problem of fuel supply. Gas condensates are the most valuable raw material for the production of motor fuels. The scheme of the plant for the production of motor fuels from hydrocarbon is shown. The working process of the plant and its advantages are considered.

**Key words:** condensate field, gas condensate, motor fuel, plant for the production of fuels, fractions separator.

Традиционным первичным сырьем для производства моторных топлив – автомобильных бензинов и дизельного топлива – являются нефть и газовый конденсат. В России, несмотря на большую добычу и огромные запасы этого углеводородного сырья, надежное снабжение моторными топливами различных регионов страны – вопрос важный, особенно для такого региона, как Камчатский край. Это связано с тем, что зачастую потребителя моторных топлив от их производителя отделяют тысячи километров. Кроме того, доставка топлива может осуществляться только сезонно морским или речным транспортом, поэтому возникает потребность в большом резервуарном парке для хранения топливно-смазочных материалов в межсезонный период.

Из-за этого происходит дополнительное существенное повышение как оптовых, так и розничных цен на моторные топлива, что в свою очередь, приводит к повышению затрат на эксплуатацию техники и, как следствие, к удорожанию стоимости автотранспортных услуг и т. д.

В то же время Камчатка имеет сырьевую базу, вполне достаточную, чтобы решить проблему надежного обеспечения топливом.

Территориальным балансом запасов полезных ископаемых Камчатского края федерального значения учтены четыре газоконденсатных месторождения: Кшукское, Нижне-Квакчикское, Средне-Кунжикское и Северо-Колпаковское. Все месторождения, кроме северного фланга Северо-Колпаковского месторождения, числятся в распределенном фонде недр.

Владельцем лицензий на Нижне-Квакчикское, Средне-Кунжикское и Кшукское месторождения является АО «Камчатгазпром», владельцем лицензии на Северо-Колпаковское месторождение – ООО «Газпром добыча Ноябрьск».

Кшукское и Нижне-Квакчикское месторождения находятся в разработке, Средне-Кунжикское и Северо-Колпаковское относятся к числу разведываемых. По состоянию на 01.01.2015 г. общие запасы газа по категории  $C_1$  составляют 15104 млн  $m^3$ , по категории  $C_2$  – 8388 млн  $m^3$ . Свободный газ месторождений содержит конденсат, этан, пропан, бутан и сероводород [1].

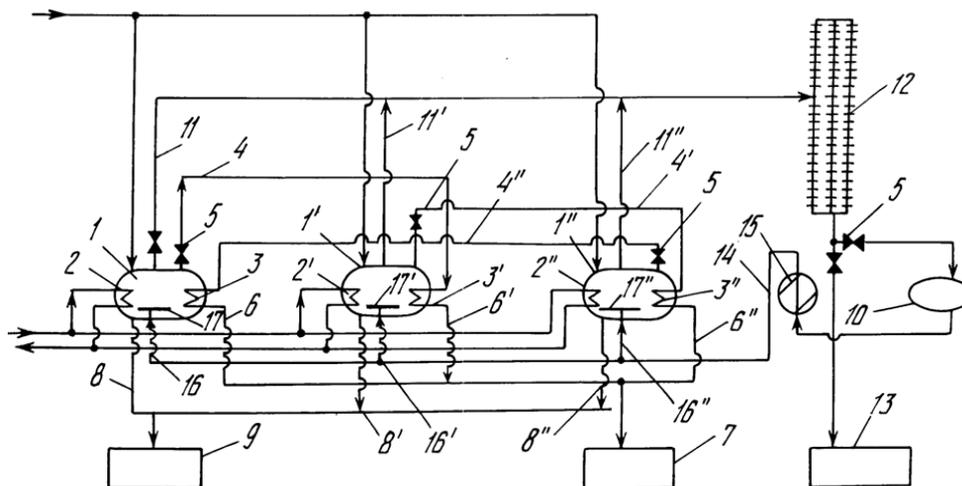
Содержание конденсата в газе варьируется от 33,2 до 47,1 г/ $m^3$  добываемого газа, коэффициент извлечения составляет 0,87. По всем 4 месторождениям учтены извлекаемые запасы конденсата категорий  $A+B+C_1$  – 530 тыс. т, категории  $C_2$  – 328 тыс. т. Конденсат, являющийся побочным продуктом добычи природного газа, накапливается в наземные емкости и реализуется мелкими партиями. Добыча газа за 2015 г. осуществлялась АО «Камчатгазпром» на Кшукском и Нижне-Квакчикском газоконденсатных месторождениях. Всего за отчетный период предприятием добыто 401,5 млн  $m^3$  газа и 14,1 тыс. т газового конденсата, что составляет, соответственно, 101,6% и 108,5% от показателей за 2014 г. [1].

Приведенные цифры свидетельствуют о достаточных запасах газа и перспективности использования газового конденсата в качестве сырья для производства моторных топлив.

Отметим, что газовые конденсаты представляют собой ценнейшее сырье для получения моторных топлив, т. к. в большинстве своем они состоят на 90...100% из светлых продуктов [2]. Однако на газовых месторождениях Камчатки переработка газового конденсата не ведется – он используется в качестве дешевого и не очень качественного топлива или собирается в резервуарах и вывозится морским путем.

В то же время существуют технологии производства экологически чистых высококачественных моторных топлив из газоконденсата [3], а также известен ряд установок, позволяющих в относительно небольшие сроки наладить производство топлив непосредственно возле газовых месторождений [4-6].

На рисунке показана схема установки для получения моторных топлив из углеводородного сырья, являющейся наиболее перспективной для использования в условиях Камчатского края.



Установка для получения моторных топлив из углеводородного сырья:

1, 1', 1'' – разделители фракций; 2, 2', 2'' – испарители; 3, 3', 3'' – конденсаторы; 4, 4', 4'' – трубопроводы для отвода паров бензиновой фракции; 5, 5', 5'' – запорные устройства; 6, 6', 6'' – трубопроводы для отвода бензина; 7, 7', 7'' – емкость для сбора бензина; 8, 8', 8'' – трубопроводы для отвода тяжелой дизельной фракции; 9, 9', 9'' – емкость для сбора тяжелой дизельной фракции; 10 – буферная емкость; 11, 11', 11'' – трубопроводы к конденсатору; 12 – конденсатор паров дизельной фракции; 13 – емкость для сбора легкой дизельной фракции; 14 – трубопровод для перегретых паров; 15 – пароперегреватель; 16, 16', 16'' – патрубки для подачи перегретого пара; 17, 17', 17'' – разделители паров

Установка для получения моторных топлив [7] из углеводородного сырья (рис.) включает разделители фракций 1, 1', 1'', в полости каждого из которых размещены испарители 2, 2', 2'' и конденсаторы 3, 3', 3'' паров бензина. Полость разделителя фракции 1 сообщена для отвода паров бензиновой фракции с конденсатором 3' разделителя фракций 1', а полость разделителя фракций 1' сообщена с конденсатором 3'', в свою очередь полость разделителя фракций 1'' сообщена с конденсатором 3''.

щена с конденсатором 3 разделителя фракций 1. На трубопроводах 4, 4' и 4'', служащих для отвода паров бензиновой фракции в конденсаторы 3, 3', 3'', установлены запорные устройства 5. Каждый из конденсаторов 3, 3', 3'' сообщен соответствующим трубопроводом 6, 6', 6'' с емкостью 7 для сбора бензина, а полость каждого разделителя фракций 1, 1', 1'' трубопроводами 8, 8', 8'' – с емкостью 9 для сбора тяжелой дизельной фракции. Также установка содержит буферную емкость 10, полости разделителей фракций 1, 1', 1'' сообщены трубопроводами 11, 11', 11'' с упомянутой буферной емкостью через конденсатор 12 паров дизельного топлива, установленный перед буферной емкостью (по ходу дизельного топлива). Конденсатор 12 паров дизельного топлива сообщен со сборной емкостью 13, которая служит для сбора легкой дизельной фракции. Буферная емкость 10 сообщена трубопроводом 14 с полостью каждого разделителя фракций 1, 1', 1''. При этом на трубопроводе 14 между разделителем фракций 1'' и буферной емкостью 10 установлен парораспределитель 15. Патрубки 16, 16', 16'' для подачи перегретого пара легкой дизельной фракции в полости разделителей фракций 1, 1', 1'' от трубопровода 14 снабжены распределителями паров 17, 17', 17'', выполненными в данном случае в виде перфорированных трубчатых элементов. Как и в любой известной установке, имеется дыхательная линия с дыхательными клапанами (на схеме не показаны), необходимая для впуска и выпуска воздуха при заполнении и опорожнении всех емкостей.

Отличительной особенностью установки является то, что все ее части распределены по отдельным контейнерам – блок-боксам. Это позволяет собирать установку на специализированных заводах, делая сборку более простой и качественной. Кроме того, установка является простой в изготовлении, а также обеспечивает использование тепла отходящих паров легких фракций и теплоты фазового перехода «пар-жидкость» для нагрева углеводородного сырья.

Наличие в установке буферной емкости, с которой связаны полости разделителей фракций, позволяет отводить в ее часть наиболее легкой дизельной фракции для использования ее (фракции) в дальнейшем, после перегрева в пароперегревателе в качестве испаряющего агента для более глубокой отгонки дизельного топлива. При этом обеспечивается получение двух видов дизельного топлива (при работе на конденсате) и увеличивается выход широкофракционного дизельного топлива при работе на нефти, исключается подогрев сырья (смесь дизельного и котельного топлив) в трубчатых печах, что делает установку по второму варианту более пожаро-безопасной.

Таким образом, внедрение рассмотренной установки позволит осуществлять переработку газового конденсата в месте добычи и снизить зависимость Камчатки от привозного топлива.

### Литература

1. Камчатский филиал ФБУ «ТФГИ по Дальневосточному Федеральному округу» [Электронный ресурс]. – URL: <http://tfikamchatka.ru> (дата обращения: 11.02.2017).
2. Гуревич Г.Р. Разработка газоконденсатных месторождений с поддержанием пластового давления. – М.: Недра, 1976. – 184 с.
3. Писаренко В.Н., Писаренко Е.В., Саркисов П.Д. К разработке инновационных технологий получения высококачественных моторных топлив и ключевых продуктов нефтехимического синтеза // Вестник Казанского технолог. ун-та. – 2007. – № 2. – С. 109–115.
4. Шеина Е. Газовый конденсат нужно более широко использовать для производства моторных топлив [Электронный ресурс]. – URL: <http://rcc.ru/article/elena-sheina-gazovyy-kondensat-nuzhno-bolee-shiroko-ispolzovat-dlya-proizvodstva-motornyh-topliv-49509> (дата обращения: 11.02.2017).
5. Мини-завод по переработке газового конденсата и нефтегазоконденсатных смесей [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.potram.ru/en/index.php?page=66> (дата обращения: 11.02.2017).
6. Установка по получению бензина и дизельного топлива из газоконденсата [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.toplivopromprisadki.ru/gasdiesfuel.php> (дата обращения: 11.02.2017).
7. Кириленко В.Н., Брулев С.О. Установка для получения моторных топлив из углеводородного сырья (варианты) [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.findpatent.ru/img\\_show/51051.html](http://www.findpatent.ru/img_show/51051.html) (дата обращения: 11.02.2017).

УДК 622.276.6

**А.В. Костенко, А.С. Холенко, М.И. Змерзлов**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: andr13kost@list.ru*

### **ПОВЫШЕНИЕ ДЕБИТА НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН ПРИ ПОМОЩИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА**

В статье речь идет о повышении дебита нефтяных скважин методом гидравлического разрыва пласта. Приведены этапы проведения гидроразрыва и показано применяемое оборудование. Показаны преимущества и недостатки метода гидравлического разрыва. Применение метода позволяет существенно увеличить производительность скважин существенно. Метод отличается очень большими вредными воздействиями на окружающую среду. Происходит негативное влияние на воду, почву, воздух. Поэтому принятие решения об использовании гидроразрыва должно быть очень взвешенным.

**Ключевые слова:** скважина, нефть, дебит, гидравлический разрыв, пласт, экология.

**A.V. Kostenko, A.S. Kholenko, M.I. Zmerzlov**

*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: andr13kost@list.ru*

### **IMPROVING OIL FLOW RATE BY HYDRAULIC FRACTURING**

In this article we are talking about increasing the production rate of oil wells by hydraulic fracturing. The stages of the fracture and the used equipment are shown. Advantages and disadvantages of the method of hydraulic fracturing are given. Using the method allows to increase significantly well productivity. The method has a negative impact on the environment. There is a negative impact on water, soil, air. That is why the decision to use hydraulic fracturing should be very balanced.

**Key words:** well, oil, production rate, hydraulic fracturing, geologic horizon, ecology.

Нефть является важнейшим сырьем, которое используется во многих отраслях России. Есть два основных направления переработки нефти – нефтехимическое и топливное. Потребности страны в топливе и нефтехимической продукции постоянно растут, кроме того, экспортируя нефть, страна обеспечивает поступления в бюджет. Отметим, что сейчас есть тенденция к увеличению использования нефти для производства соответствующей продукции с целью продажи последней. Это позволит меньше зависеть от колебаний цен на нефть.

Основными проблемами нефтедобывающей отрасли являются: замедление скорости добычи нефти в связи подорожанием этих работ, а также в результате того, что месторождения находятся в труднодоступных местах; невысокий показатель извлечения нефти, что приводит к нерациональному использованию ресурса; использование устаревшего и изношенного оборудования и техники в процессе добычи нефти; некачественная утилизация и применение нефтяного попутного газа; нерациональное применение новых инновационных технологий в процессе добычи нефти [1].

Кроме того, заметим, что длительный отбор рентабельных запасов и ухудшение качества сырьевой базы приводит к преждевременному снижению уровня добычи и безвозвратным потерям запасов нефти в недрах земли. Это связано с тем, что главные месторождения постепенно выходят на поздние стадии разработки, а те запасы, что в них остаются, являются труднодобываемыми. Кроме того, большая часть новых месторождений имеет сложное геологическое строение и залегает в низкопроницаемых коллекторах. Поэтому одной из задач, которые необходимо решить, является повышение дебита нефтяных скважин.

Для решения задачи повышения дебита нефтяных скважин используют методы, которые можно разделить на три основные группы: химические, тепловые, механические.

Химические методы воздействия применяют в случаях, когда можно растворить породу пласта или элементы, отложение которых обусловило ухудшение проницаемости призабойной зоны скважины (ПЗС), например, соли или железистые отложения и др. Тепловые методы –

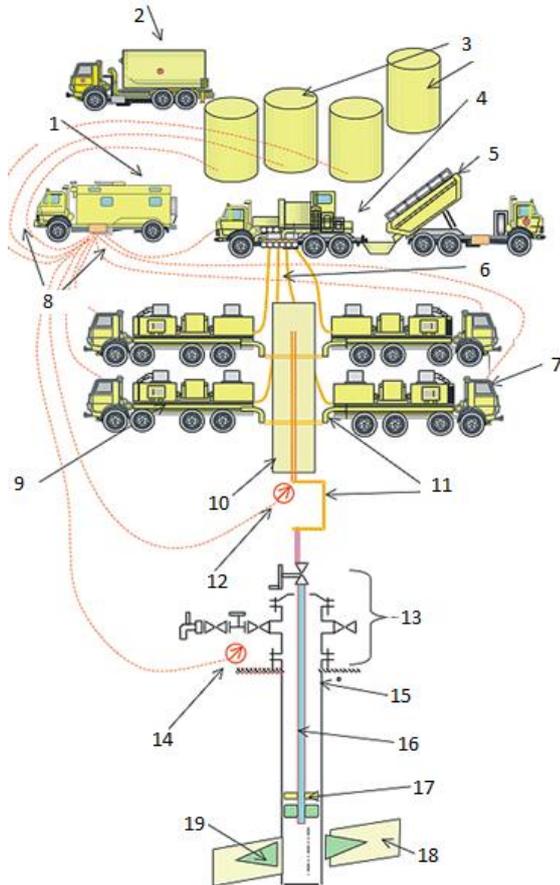


Схема оборудования для проведения ГРП:

1 – машина контроля и управления (МКУ); 2 – агрегат транспортно-установочный; 3 – вертикальные цистерны; 4 – агрегат приготовления смеси; 5 – агрегат сыпучих компонентов; 6 – манифольд низкого давления; 7 – насосный агрегат; 8 – информационные кабели скважин; 9 – насосный агрегат с подпитывающим насосом; 10 – машина манифольдов; 11 – манифольд высокого давления; 12, 14 – манометры; 13 – оборудование обвязки устья; 15 – обсадная труба; 16 – колонна НКТ; 17 – пакер; 18 – продуктивный слой; 19 – трещина, созданная в результате ГРП

крявают и скважину оставляют в покое до тех пор, пока устьевое давление не упадет до нуля. Затем скважину промывают, очищают от песка и приступают к освоению.

После проведения ГРП дебит скважины, как правило, резко возрастает. Метод позволяет «оживить» простаивающие скважины, на которых добыча нефти или газа традиционными способами уже невозможна или малорентабельна. Кроме того, в настоящее время метод применяется для разработки новых нефтяных пластов, извлечение нефти из которых традиционными способами нерентабельно ввиду низких получаемых дебитов.

Промысловая практика показывает, что производительность скважин после гидравлического разрыва увеличивается иногда в несколько десятков раз, т. к. образовавшиеся трещины соединяются с существовавшими ранее, и приток жидкости к скважине происходит из удаленных изолированных от скважины до разрыва пласта высокопродуктивных зон. Также доказано, что проведение ГРП выгоднее, чем строительство новой скважины, как с экономической стороны, так и с точки зрения разработки [4].

в случаях, когда в ПЗС произошло отложение твердых или очень вязких углеводородов (парафин, смолы, асфальтены), а также и при фильтрации вязкой нефти. Механические методы воздействия эффективны в твердых породах, когда создание дополнительных трещин в ПЗС позволяет приобщить к процессу фильтрации новые удаленные части пласта.

Одним из самых распространенных методов интенсификации добычи нефти, относящихся к механическим, является гидравлический разрыв пласта (ГРП). На рисунке показана схема оборудования для проведения гидроразрыва пласта [2].

Метод заключается в создании высокопродуктивной трещины в целевом пласте для обеспечения притока добываемого флюида (газ, вода, конденсат, нефть либо их смесь) к забою скважины. Забой скважины очищают от грязи способом дренирования и затем промывают [3].

После промывки, очистки и проверки специальным шаблоном в скважину спускают насосно-компрессорные трубы, по которым прокачивается жидкость разрыва.

На первом этапе закачивают жидкость разрыва насосными агрегатами, в результате чего давление постепенно увеличивается и по достижении определенного значения происходит разрыв пласта. После разрыва пласта переходят ко второму этапу – подаче в трещину жидкостипесконосителя с песком при большом расходе и высоком давлении нагнетания. Жидкостипесконоситель с песком задавливают в трещину продавочной жидкостью при максимальном давлении и с максимальной скоростью закачки. Закачка продавочной жидкости является последним, третьим этапом непрерывного процесса гидроразрыва пласта. После продавки устье за-

Гидравлический разрыв пласта является одним из наилучших методов увеличения дебита скважин, на которых добыча нефти традиционными способами уже невозможна или малорентабельна. Проведение ГРП выгоднее, чем строительство новых скважин, метод увеличивает производительность скважин в несколько десятков раз, позволяет добывать трудноизвлекаемые запасы нефти, что приводит к увеличению уровня добычи сырья.

Но при проведении ГРП возникают огромные экологические проблемы, связанные с содержанием в жидкостях разрыва большого количества химикатов: загрязнение грунтовых вод, в т. ч. источников питьевой воды, токсичными химическими веществами, содержащимися в «жидкостях разрыва»; использование огромного количества воды; в воздух попадает большое количество вредных газов; происходит разрушение ландшафта, ущерб сельскохозяйственным угодьям; постоянный источник шумового загрязнения; загрязненные сточные воды утилизируют путем закачки под землю, что может быть причинами землетрясений [5].

Поэтому вредные воздействия на окружающую среду могут стать основной причиной, по которой использование ГРП будет серьезно ограничено.

Вредные последствия для экологии при проведении ГРП можно свести к минимуму при помощи технологии пропанового фрекинга [6]. Она отличается от обычного гидроразрыва тем, что вместо традиционной смеси для ГРП в скважину закачивается сжиженный пропан. Так как он полностью испаряется после проведения гидроразрыва, а химикаты в этом случае не используются, риски загрязнения воды или почвы при пропановом фрекинге чрезвычайно малы. Также при применении этой технологии не истощаются водные источники, т. к. для гидроразрыва с применением пропана вода не нужна. Однако пропановый фрекинг в полтора раза повышает расходы на проведение гидроразрыва пласта. Из-за высоких расходов на проведение гидроразрыва подробным способом ее применение пока целесообразно только на месторождениях с высокой рентабельностью.

Таким образом, повышение дебита скважин при помощи гидроразрыва пласта является очень эффективным способом увеличить отдачу скважины. Но это преимущество нивелируется вредными экологическими воздействиями. Поэтому принятие решения об использовании гидроразрыва должно быть очень взвешенным.

### Литература

1. «Нефтяная промышленность России: развитие, проблемы и перспективы» [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.doloni.ru/neftyanaya\\_promyishlennost\\_rossii.html](http://www.doloni.ru/neftyanaya_promyishlennost_rossii.html) (дата обращения: 11.02.2017).
2. «Нефтегазтехнология – Гидроразрыв пласта [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ngt.ru/services/technology/hydraulic-fracturing/> (дата обращения: 11.02.2017).
3. «Технология гидравлического разрыва пласта [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.studbooks.net/1739365/geografiya/obvyazka\\_oborudovanie](http://www.studbooks.net/1739365/geografiya/obvyazka_oborudovanie) (дата обращения: 11.02.2017).
4. Юрчук А.М., Истомин А.З. Расчеты в добыче нефти. – Москва, Недра, 1989. – 245 с.
5. «Записки нефтяника и не только – Что такое ГРП?» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.mechanismone.livejournal.com/30154.html> (дата обращения: 11.02.2017).
6. Сланцевый газ – вред экологии [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.pronedra.ru/gas/2014/12/16/vred-slantsevogo-gaza/> (дата обращения: 11.02.2017).

УДК 556.5:004.9

**В.А. Наумов, А.Х. Алиева, П.С. Сысоева**

*Калининградский государственный технический университет,  
Калининград, 236022  
e-mail: van-old@mail.ru*

## **ОБРАБОТКА МАССИВОВ ЕЖЕДНЕВНОЙ ИНФОРМАЦИИ ОБ УРОВНЯХ РЕКИ КАМЧАТКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Решение стандартной задачи построения графиков повторяемости уровней реки Камчатки и продолжительности их стояния выполнено с применением современных компьютерных технологий. Использованы электронные файлы среднесуточных уровней государственных интернет-ресурсов за 2008–2014 годы. Разработанная в среде Mathcad программа позволяет выполнить большой объем вычислений при построении графиков в течение многолетнего периода. Рассчитаны среднесуточные уклоны водной поверхности реки Камчатки. В устьевой области они редко превышают 0,1‰.

**Ключевые слова:** река Камчатка, среднесуточные уровни, интернет-ресурсы, методы обработки, компьютерные технологии, уклон водной поверхности.

**V.A. Naumov, H.A. Aliyeva, P.S. Sysoeva**

*Kaliningrad State Technical University,  
Kaliningrad, 236022  
e-mail: van-old@mail.ru*

## **PROCESSING ARRAYS OF DAILY INFORMATION ON THE KAMCHATKA RIVER LEVELS USING COMPUTER TECHNOLOGY**

The plot graphs the frequency of occurrence of the Kamchatka River levels and the duration of standing is made with application of modern computer technologies. Electronic files of daily average levels of public online resources for 2008–2014 have been used. Developed Mathcad program allows you to perform a lot of computations when constructing graphs for a multi-year period. The average slopes of the water surface of the Kamchatka River have been calculated. They rarely exceed 0.1‰ in the river mouth area.

**Key words:** Kamchatka River, average daily levels, Internet resources, data processing methods, computer technology, slope of the water surface.

Состояние и изменчивость гидрологических характеристик и русловых процессов рек Камчатского края находится под пристальным вниманием исследователей (см. [1–4] и библиографию в них). Больше всего работ опубликовано по изучению гидрологических рядов (годового стока), несколько менее – по среднemesячным расходам. Так, в статье [2] проанализированы многолетние изменения температуры воздуха и сумм осадков, годового стока, а также внутригодового распределения стока в бассейне реки Камчатки. Было установлено, что изменения годового стока выражены столь же неявно; общая тенденция изменения водного режима реки Камчатки в выравнивании расходов воды в течение года.

Значительно меньше опубликовано исследований среднесуточных уровней и расходов водотоков. Впрочем, такая же картина наблюдается и по другим речным бассейнам (см., например, [5]). При проектировании и эксплуатации судоходных маршрутов на реках, гидромелиоративных систем и других водохозяйственных объектов необходимо знать такие важные характеристики, как повторяемость (частоту) уровней водотока и продолжительность (обеспеченность) их стояния в течение года или многолетнего периода. Рассмотрим, как может быть решена указанная задача с использованием современных информационных технологий на примере реки Камчатки.

Традиционный табличный метод построения графиков повторяемости уровней водотока и продолжительности их стояния описан в [7]. По данным таблицы ежедневных уровней воды

из Гидрологических ежегодников (например, [8]) строят график колебаний среднесуточных уровней воды. Для сопоставления нередко на одном чертеже совмещают графики колебаний уровней воды на соответствующем посту за несколько лет. Повторяемость и продолжительность стояния соответствующих уровней устанавливают путем обработки таблицы ежедневных уровней. Результаты подсчетов сводят в ведомость и по ее данным строят кривые повторяемости и продолжительности стояния уровней. Все это требует большого объема вычислений, который кратно возрастает при анализе уровней водотока за несколько лет. Но и в современных пособиях рекомендуется описанный («ручной») метод построения (см., например, [9]).

В настоящее время появились возможности использования данных федеральных интернет-ресурсов [10, 11], уже записанных в электронных файлах. На ГИС-портале Центра регистра и кадастра [10] ежедневные уровни водотоков были представлены в наиболее удобной форме для последующей компьютерной обработки (матрица-столбец). Однако в [12] показано, что база данных [10] по среднесуточным уровням рек не полная, содержит явные промахи измерений. К тому же в настоящее время доступ на ресурс [10] закрыт.

В качестве исходной информации использовались результаты измерений уровней реки Камчатка, приведенные в Автоматизированной информационной системе государственного мониторинга водных объектов [11]. Помесячная форма представления вначале была преобразована в матрицу-столбец. В качестве примера на рис. 1 и 2 представлены графики колебания среднесуточных уровней воды в 2014 г. в двух створах.

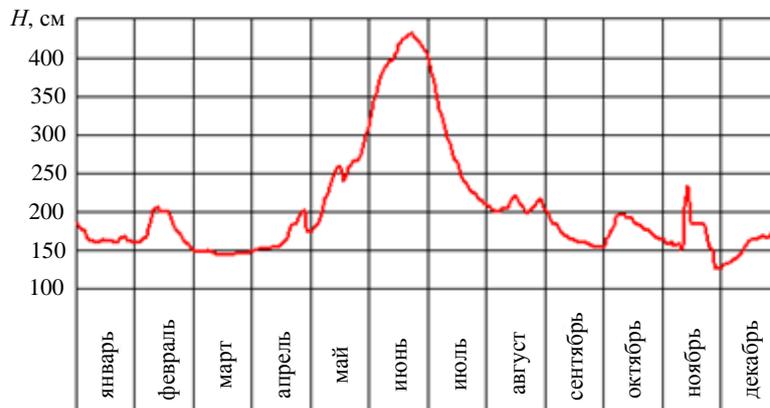


Рис. 1. Уровни реки Камчатка от нуля поста пос. Ключи (11,61 м БС) в 2014 г.

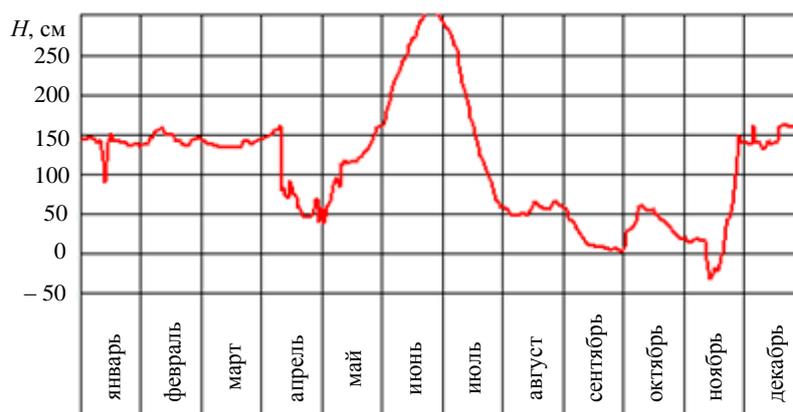


Рис. 2. Уровни реки Камчатка от нуля поста урочище Большие Щеки (6,81 м БС) в 2014 г.

Графики колебания ежедневных уровней воды р. Камчатка за разные годы существенно различаются. Построенные по ним кривые повторяемости уровней также будут различными. Для получения достоверной информации требуется строить указанные кривые по данным наблюдений за максимально возможное число лет. В настоящее время в базе данных [11] имеются сведения о среднесуточных уровнях р. Камчатка в створе пос. Ключи за 2008–2014 гг. Эти данные и были использованы в дальнейших расчетах в среде Mathcad [11].

Считывание файлов ежедневных уровней, записанных в формате txt:

```
H_08 := READPRN("H-2008.txt")
H_09 := READPRN("H-2009.txt")
...
```

Объединение считанных данных наблюдений в одну матрицу-столбец:

```
H := stack(H_08,H_09,H_10,H_11,H_12,H_13,H_14).
```

Общее количество наблюдений  $M := \text{rows}(H) = 2557$ . Диапазон измерений был разбит на 20 интервалов. Частота попаданий в интервалы в среде Mathcad находится с помощью оператора

$$n := \text{hist}(\text{hp}, H) / 7, \quad (1)$$

где  $\text{hp}$  – столбец границ интервалов  $H_k$ ; деление на 7 позволяет получить средние значения за рассматриваемые годы.

На рис. 3 представлены результаты расчета по формуле (1). График продолжительности стояния уровней является интегральным по отношению к графику повторяемости. С помощью этих графиков можно определить или продолжительность (обеспеченность) стояния любого уровня (рис. 4):

$$N_j = \sum_{i=1}^j n_i. \quad (2)$$

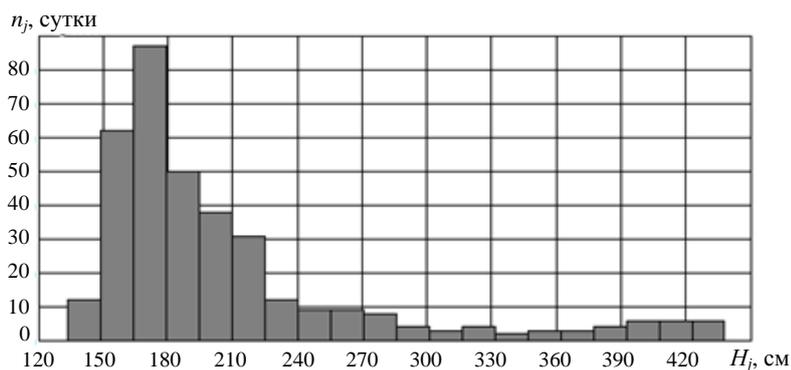


Рис. 3. Средняя повторяемость уровней реки Камчатка (Ключи) за 2008–2014 гг.

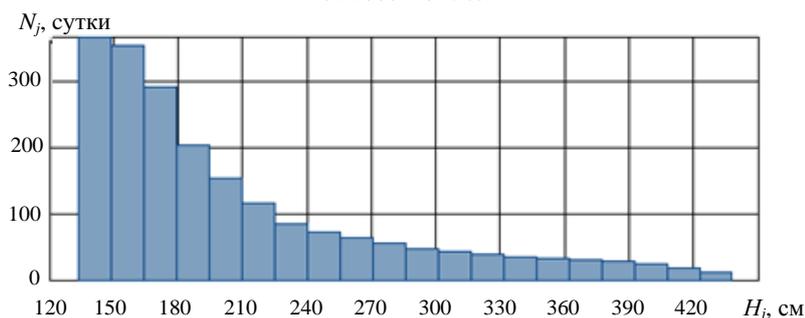


Рис. 4. Средняя продолжительность стояния уровней реки Камчатка (Ключи) за 2008–2013 гг.

Найдем среднесуточный уклон водной поверхности (%) р. Камчатка между поселком Ключи и урочищем Большие Щеки (рис. 5):

$$I = (0,01 \cdot HK + 11,61 - 0,01 \cdot HB - 6,81) / L, \quad (3)$$

где  $HK$  – уровни р. Камчатка от нуля поста пос. Ключи, см;  $HB$  – уровни р. Камчатка от нуля поста урочища Большие Щеки, см;  $L$  – расстояние по реке между постами, км. По [11]  $L = 129 - 61 = 68$  км.

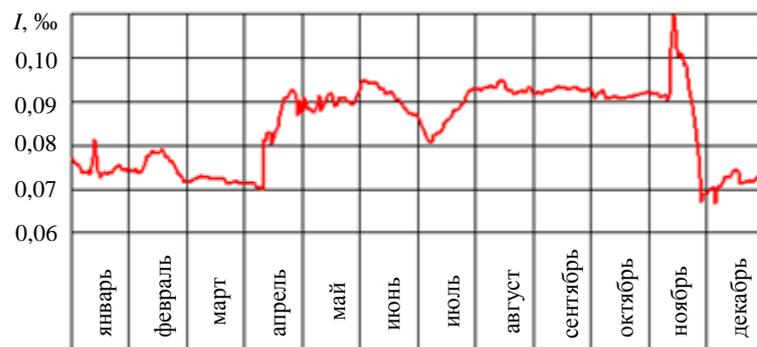


Рис. 5. Среднесуточный уклон водной поверхности реки Камчатка между поселком Ключи и урочищем Большие Щеки в 2014 г.

Таким образом, разработанная в среде Mathcad программа позволяет выполнить большой объем вычислений при построении графиков повторяемости уровней водотока и продолжительности их стояния в течение многолетнего периода. Причем программа принципиально не изменится при добавлении данных измерений ежедневных уровней за последующие годы. Среднесуточный уклон водной поверхности р. Камчатка в устьевой области редко превышает 0,1‰.

### Литература

1. *Ермакова А.С.* Русловые процессы на реках Камчатки: Дис. ... канд. географ. наук по специальности 25.00.27 – Гидрогеология суши, водные ресурсы, гидрохимия. – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2009. – 218 с.
2. *Фролова Н.Л., Становова А.В., Горин С.Л.* Режим стока воды в нижнем течении реки Камчатки и его многолетняя изменчивость // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – 2014. – № 32. – С. 73–78.
3. *Бонк А.А.* Характеристика пресноводных водоемов Камчатки: Учебно-справочное пособие. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2015. – 52 с.
4. *Куксина Л.В., Алексеевский Н.И.* Особенности пространственно-временной изменчивости водного стока рек Камчатского края // Водные ресурсы. – 2016. – Т. 43. – № 3. – С. 254–264.
5. *Наумов В.А.* Результаты статистического анализа региональных гидрологических и климатических рядов // Вестник науки и образования Северо-Запада России: Электронный журнал, 2016. – Т. 2. – № 3. – URL: <http://vestnik-nauki.ru/wp-content/uploads/2016/08/2016-N3-Naumov.pdf>.
6. *Великанов Н.Л., Наумов В.А., Маркова Л.В.* Изменчивость качества воды реки Преголя // Вода: химия и экология. – 2016. – № 8. – С. 86–93.
7. Практикум по гидрологии, гидрометрии и регулированию стока / Е.Е. Овчаров, Н.Н. Захаровская, И.В. Прошляков и др.; Под ред. Е.Е. Овчарова. – М.: Агропром, 1988. – 224 с.
8. Гидрологический ежегодник 1973 г. Т. 9. Бассейн Тихого океана. Вып. 8. Бассейны рек: Берингова моря к югу от р. Хатырка, полуострова Камчатка и Охотского моря до мыса Тайгонос. – Петропавловск-Камчатский: Камчатское управление гидрометеорологической службы, 1974. – 280 с.
9. *Дьяченко Н.П., Папенко И.Н.* Практикум по гидрологии и регулированию стока. – Краснодар: Изд-во Кубанского гос. аграрного ун-та, 2008. – 155 с.
10. ГИС-портал Центра регистра и кадастра [Электронный ресурс]. – URL: <http://gis.waterinfo.ru/> (дата обращения: 01.02.2012).
11. Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов [Электронный ресурс]. – URL: <https://gmvo.skniivh.ru/> (дата обращения: 01.01.2017).
12. *Наумов В.А.* Материалы инженерно-гидрометеорологических изысканий в бассейне реки Преголи. Максимальные расчетные уровни воды // Вестник науки и образования Северо-Запада России: Электронный журнал. – 2015. – Т. 1. – № 3. – URL: <http://vestnik-nauki.ru/wp-content/uploads/2015/11/2015№3-Наумов.pdf>.
13. *Наумов В.А.* Методы обработки гидрологической информации // Вестник учебно-методического объединения по образованию в области природообустройства и водопользования. – 2015. – № 7. – С. 144–150.

УДК 504.453:556.53:004.9

**В.А. Наумов, С.Н. Сулейманов**

*Калининградский государственный технический университет,  
Калининград, 236022  
e-mail: van-old@mail.ru*

## **РАСЧЕТ ОСАЖДЕНИЯ НА ДНЕ ВОДОТОКА СЛОЯ ВЗВЕШЕННЫХ ПРИМЕСЕЙ ИЗ ТОЧЕЧНОГО ИСТОЧНИКА**

При сбросах сточных вод, дноуглубительных и других работах в водотоки попадает большое количество взвешенных примесей. Для проведения предварительных оценок влияния таких антропогенных воздействий на водную среду и ее обитателей используются инженерные методы, рекомендуемые нормативно-методическими документами. Как правило, они основаны на сильно упрощенном описании гидрологического режима и динамики движения частиц грунта. Для решения практических задач наиболее приемлемым является использование двумерных моделей переноса с осреднением концентрации пассивной примеси по глубине. Показано влияние коэффициента турбулентной диффузии дисперсной примеси и формы частиц на точность прогнозирования распространения взвешенных примесей и их осаждения в водотоках. Предложенная модель позволяет более точно рассчитать толщину слоя илоседа и площади загрязненного дна.

**Ключевые слова:** водотоки, взвешенные примеси, математическая модель, уравнение переноса, коэффициент диффузии, гидравлическая крупность, численный метод.

**V.A. Naumov, S.N. Suleymanov**

*Kaliningrad State Technical University,  
Kaliningrad, 236022  
e-mail: van-old@mail.ru*

## **DEPOSITION CALCULATION OF SUSPENDED CONTAMINANTS FROM A POINT SOURCE IN THE WATERCOURSE**

When wastewater discharges, dredging and other works a large amount of suspended impurities get to watercourses. The need to assess the impact of such anthropogenic impacts on the aquatic environment and its inhabitants requires the development of mathematical models of transfer of suspended substances in water objects. To conduct preliminary engineering assessments the methods recommended by regulatory-methodical documents are used. As a rule, they are based on a highly simplified description of the hydrological regime and the dynamics of the movement of soil particles. For the solution of practical problems, the most acceptable is the use of two-dimensional transport models with averaged concentration of the passive tracer at depth. In the differential transfer equation of soil particles is considered to be a fair assumption that even the smallest suspended particles can be deposited on the bottom of the viscous sublayer, where the pulse speed do not exist. The influence of the turbulent diffusion coefficient of disperse impurity and particle shape on the accuracy of propagation prediction of suspended impurities and deposition in watercourses is shown. The proposed model allows to calculate the thickness of the layer of sludge and contaminated spare bottom more accurately.

**Key words:** watercourses, suspended impurities, mathematical model, transport equation, diffusion coefficient, hydraulic size, numerical method.

В последнее время значительно повысился интерес к задачам расчета переноса взвешенных веществ в водных объектах в связи с необходимостью проведения оценок влияния антропогенных воздействий на водную среду и ее обитателей при дноуглубительных работах, дампинге грунта, сбросах сточных вод, при прокладке подводных трубопроводов и т. п. [1–9]. Эта оценка заключается в нахождении границ зон осаждения взвеси загрязняющих веществ, площадей дна с определенной толщиной выпавшего слоя грунта (наилка), объемов воды с определенными уровнями концентрации загрязняющих веществ.

Для проведения предварительных оценок используются инженерные методы, рекомендуемые нормативно-методическими документами ([10–11] и др.). Как правило, они основаны на упрощенном описании гидрологического режима и динамики движения частиц грунта. Не учитывают всех факторов, оказывающих существенное влияние на исследуемый процесс, дают приемлемые результаты только при типовых условиях. Назовем его первым (низшим) уровнем методов прогнозирования.

К высшему (третьему) уровню отнесем решение трехмерной задачи течения водной среды, несущей полидисперсный ансамбль частиц грунта, с учетом движения и массообмена донных наносов. Имеется в виду полная математическая постановка сопряженной задачи. Промежуточный (второй) уровень включает разнообразные упрощенные модели (например, двумерные модели, с осреднением концентрации пассивной примеси по глубине).

Расчет сложных двумерных нестационарных и трехмерных задач в полной постановке трудоемкими численными методами нередко обесценивается из-за нерешенных фундаментальных проблем [1, 5]. Частично нерешенные проблемы моделирования распространения грунта в водотоках [1, 2, 4, 6] и в прибрежных зонах морей [3, 5, 7] совпадают, но для рек имеются весьма специфические [10–12]. В данной статье исследовано влияние коэффициента турбулентной диффузии дисперсной примеси и гидравлической крупности частиц на точность прогнозирования распространения взвешенных примесей из точечного источника и их осаждения в водотоках.

Дифференциальное уравнение нестационарной трехмерной диффузии пассивной примеси [1–4, 10–12]:

$$\frac{\partial c}{\partial t} + u \frac{\partial c}{\partial x} + v \frac{\partial c}{\partial y} + w \frac{\partial c}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left( D_x \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( D_y \frac{\partial c}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( D_z \frac{\partial c}{\partial z} \right) + \frac{q}{H}, \quad (1)$$

где  $t$  – время;  $c(x, y, z)$  – концентрация примеси;  $(u, v, w)$  – проекции вектора осредненной скорости примеси на оси координат  $(x, y, z)$ , соответственно;  $D_x, D_y, D_z$  – коэффициенты турбулентной диффузии примеси по указанным направлениям;  $q$  – расход осаждения примеси.

Полагаем водоток прямолинейным, постоянной глубины  $H$ , со средней (по расходу) продольной скоростью  $U = \text{const}$ , при этом поперечная и вертикальная осредненные скорости водотока считаем равными нулю. Ось  $Ox$  направим вдоль берега в сторону течения, ось  $Oz$  – вертикально вверх, ось  $Oy$  – поперек потока.

Рассматриваем малоинерционную примесь, у которой  $u = U, v = 0, w = W_k$ , где  $W_k$  – скорость установившегося осаждения частиц  $k$ -й фракции. При стационарном течении и источнике примеси первое слагаемое в (1) обращается в нуль. Полагаем, что точечный источник сохраняет свою интенсивность  $G_0$  достаточно долго, чтобы можно было считать задачу стационарной.

В общем случае процесс перемешивания является трехмерным, но в большинстве практических задач диффузия в вертикальном направлении происходит значительно быстрее, чем в поперечном и продольном направлениях (см. [2, 4]). В данной работе рассматриваются процесс горизонтального распространения частиц грунта с учетом их осаждения на дно.

В классической теории считалось, что частицы могут осажаться на дно, только если их гидравлическая крупность превосходит вертикальные турбулентные пульсации скорости воды [10]. Тогда при турбулентном течении даже с весьма малыми скоростями интенсивность вертикальных пульсаций скорости воды будет превосходить гидравлическую крупность мелких частиц, препятствуя осаждению на дно. Воспользуемся предположением [13], где было показано, что самые мелкие частицы взвеси могут осажаться на дно из вязкого подслоя. Откуда расход осаждения  $k$ -й фракции примеси можно рассчитать по формуле  $q_k = (c_k - c_\phi) \cdot W_k$ .

При указанных условиях распределение средних концентраций  $k$ -й фракции примеси на вертикали  $c_k(x, y)$  описывается дифференциальным уравнением в частных производных:

$$U \frac{\partial c_k}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial y} \left( D_y \frac{\partial c_k}{\partial y} \right) + \frac{q_k}{H}. \quad (2)$$

По физическому смыслу рассматриваемая задача является параболической. Для математической постановки параболической задачи необходимо задать граничные условия по концентрации

в исходном сечении водотока  $c(0, y)$  и вдоль береговых линий вниз по течению. В исходном сечении задаем фоновое значение концентрации  $c_f$  во всех точках, кроме точек, примыкающих к источнику загрязнения. Так как вдоль береговой линии нет источников загрязнения, то справедливы следующие граничные условия:

$$c(0, y) = f_0(y); \quad \left( \frac{\partial c}{\partial y} \right)_{y=0} = 0, \quad \left( \frac{\partial c}{\partial y} \right)_{y=B} = 0. \quad (3)$$

В [9] для летнего времени коэффициент поперечной турбулентной диффузии:

$$D_y = g \cdot U_{cp} \cdot H / (37 \cdot n \cdot C^2), \quad (4)$$

где  $n$  – коэффициент шероховатости ложа реки, определяемый по справочным данным (по таблице М.Ф. Срибного);  $C$  – коэффициент Шези ( $m^{0.5}/c$ ).

По формуле Н.Н. Павловского при  $H \leq 5$  м:

$$C = R^{ys} / n, \quad ys = 2,5 \cdot \sqrt{n} - 0,13 - 0,75 \cdot \sqrt{R} \cdot (\sqrt{n} - 0,1), \quad (5)$$

где  $R$  – гидравлический радиус водотока, м (для широких водотоков  $R \approx H$ ).

Кроме турбулентной диффузии перенос грунта из одних частей потока в другие осуществляется механизмом конвекции. В упрощенной постановке, когда конвективными членами пренебрегают, из-за извилистости реки и других факторов приходится вводить поправки с помощью так называемого эффективного коэффициента диффузии.

В [13] показано, что значительная часть экспериментальных данных по поперечному рассеиванию примеси согласуется с эффективным коэффициентом, рассчитанным по формуле

$$D_{Э1} = 0,15 U_{cp} \cdot H \sqrt{g} / C. \quad (6)$$

Эффективный коэффициент поперечного распространения примеси зависит от извилистости русла реки. В [13] получена формула такого коэффициента для расчета поперечного распространения пассивной примеси в водотоках с большой шириной русла ( $b = B/H > 25-30$ ):

$$D_{Э2} = \frac{K_1}{\sqrt{K_2}} \cdot u_\tau \cdot B \cdot \sqrt{\frac{8 \cdot H}{\lambda \cdot B}}, \quad \lambda = \frac{8 \cdot g}{C^2}, \quad K_2 = \frac{r}{B}, \quad u_\tau = \frac{U \cdot \sqrt{g}}{C}, \quad (7)$$

где  $u_\tau$  – динамическая скорость потока;  $r$  – радиус кривизны русла;  $K_1, K_2$  – эмпирические коэффициенты.

С учетом выражений для переменных и значений эмпирических констант из (7) следует

$$D_{Э2} = 3,65 \cdot 10^{-3} U \cdot H \cdot \sqrt{b}. \quad (8)$$

С уменьшением величины  $b$  значение эффективного коэффициента  $D_{Э2}$ , рассчитанного по формуле (8), может оказаться ниже значения, рассчитанного по формуле (6), что не имеет физического смысла, т. к. эффективный коэффициент не может быть меньше коэффициента турбулентной диффузии. Можно предложить при уменьшении  $b$  рассчитывать значение коэффициент по формуле (8) до тех пор, пока указанное значение не уменьшится до величины  $D_{Э1}$  по (6) при соответствующих условиях. При дальнейшем уменьшении  $b$  следует считать, что указанный коэффициент от  $b$  не зависит.

Важную роль при исследовании распространения твердых примесей по водным объектам играет гидравлическая крупность частиц  $W$  – скорость установившегося осаждения частицы в неподвижной воде. Величина  $W$  зависит от размера частицы, ее формы, плотности, а для самых мелких частиц – еще и от температуры воды (из-за изменения вязкости). В [14, 15] показано, что увеличение силы гидродинамического сопротивления частицы из-за отличия ее формы от сферической может быть учтено с помощью коэффициента  $\Gamma$ .

При дноуглубительных работах во взвешенное состояние переходят зернистые частицы, у которых скорость осаждения значительно меньше, чем сферических. Кроме того, плотность частиц может быть меньше, чем песка, например, если частицы биогенные, что также необходимо учитывать в расчетах [16].

Расчет распространения осаждающейся примеси был выполнен численным методом по уравнению (2) отдельно для каждой фракции. В формуле бегущего счета была учтена интенсивность осаждения примеси  $q$  в вязком придонном слое.

Массовый расход примеси уменьшается вниз по течению из-за осаждения частиц. На рис. 1 показано изменение массового расхода взвешенных фракций по  $x$ . На расстоянии 2800 м от источника успевает осесть на дно только 10% частиц фракции с размером 0,005 мм. Поэтому при рассматриваемых условиях осаждение фракций с размером менее 0,005 мм можно не учитывать. Полное осаждение частиц фракции с размером 0,053 мм происходит на расстоянии 340 м (линия 6), с размером 0,077 мм – 210 м. Такое разделение фракций необходимо проводить в зависимости от конкретных условий течения. В рассматриваемом случае необходимо учитывать распространение и осаждение частиц с размерами вплоть до 0,1 мм.

Рассчитав интенсивность осаждения каждой фракции примеси  $q_k$  во всем поле течения, можем найти толщину слоя наилка, выпавшего на дно за время  $t$ :

$$h_k = \frac{q_k}{\rho_n} \cdot t, \quad h = \sum_k h_k, \quad (5.1)$$

где  $h_k$  – толщина слоя наилка  $k$ -й фракции;  $h$  – суммарная толщина слоя наилка;  $\rho_n$  – распределенная (насыпная) плотность наилка.

На рис. 2 представлены результаты расчета слоя наилка за время  $t = 7$  суток при  $\rho_n = 1500 \text{ кг/м}^3$ . По рис. 2, *a* видно, что на расстоянии 140 м увеличение размера фракции вначале приводит к росту слоя, а затем – к падению. Последнее обусловлено тем, что значительная часть самых крупных фракций к указанной отметке уже выпала в осадок. По рис. 2, *b* вблизи источника суммарный слой наилка превысил 10 мм, вниз по течению величина  $h$  уменьшается.

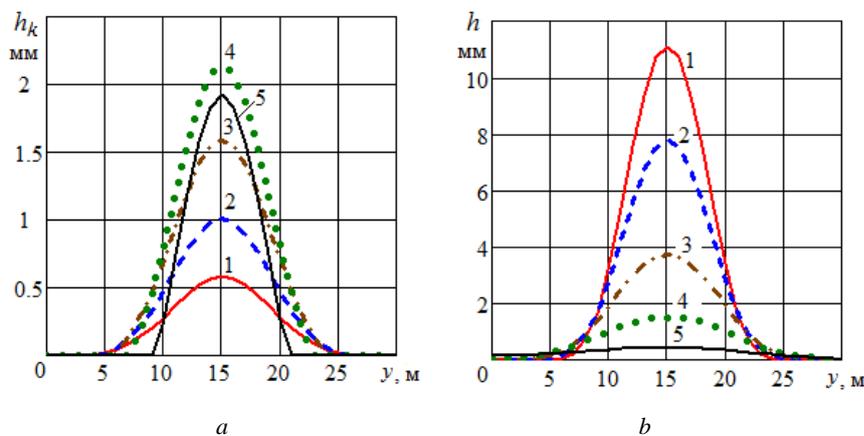


Рис. 2. Толщина слоя наилка на дне водотока:  
*a* –  $k$ -й фракции при  $x = 140$  м; 1 –  $d = 0,021$  мм; 2 – 0,03 мм;  
 3 – 0,04 мм; 4 – 0,054 мм; 5 – 0,077 мм; *b* – суммарная; 1 –  $x = 140$  м;  
 2 – 350 м; 3 – 700 м; 4 – 1400 м; 5 – 2800 м

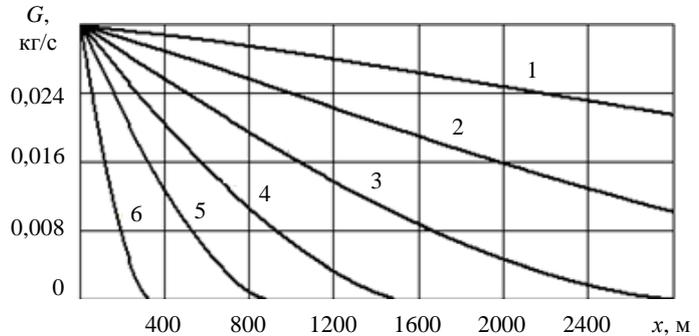


Рис. 1. Изменение массового расхода взвешенных фракций вниз по течению: 1 –  $d = 0,006$  мм; 2 – 0,01 мм; 3 – 0,015 мм; 4 – 0,021 мм; 5 – 0,03 мм; 6 – 0,054 мм;

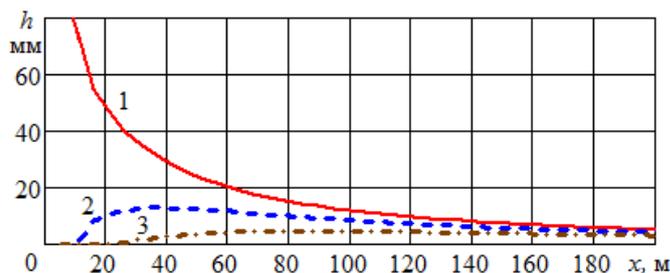


Рис. 3. Уменьшение суммарной толщины слоя наилка на дне водотока вниз по течению:  
1 – на оси источника; 2 – на расстоянии 3 м от оси источника; 3 – 5 м от оси

Результаты расчета суммарного загрязнения дна водотока всеми фракциями осаждающейся примеси приведены в таблице. Толщина слоя наилка остается существенной на значительных расстояниях от источника.

Таблица

Результаты расчета загрязнения дна водотока

Показатель загрязнения дна водотока	Слой наилка толщиной более $h$ , мм					
	0,5	1	2	3	5	8
Площадь дна, тыс. кв. м	26,78	9,93	4,47	2,79	1,52	0,84
Максимальное расстояние от источника, м	1213	682	404	304	205	142

Таким образом, предложенная модель позволяет рассчитать толщину слоя наилка и площади загрязненного дна от точечного источника при реальных значениях коэффициента диффузии и гидравлической крупности несферических частиц. С помощью этих данных можно оценить влияние загрязнения на экосистему водотока.

### Литература

1. Белолипецкий М.В., Генова С.Н. Вычислительный алгоритм для определения динамики взвешенных и донных наносов в речном русле // Вычислительные технологии. – 2004. – Т. 9. – № 2. – С. 9–25.
2. Григорян С.С. Об эволюции попавшей в реку массы консервативного загрязнения при ее движении по течению // Прикладная математика и механика. – 2009. – Т. 73. – № 6. – С. 1036–1046.
3. Котеров В.Н., Юрезанская Ю.С. Моделирование переноса взвешенных веществ на океаническом шельфе. Эффективная гидравлическая крупность полидисперсной взвеси // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 2009. – Т. 49. – № 7. – С. 1306–1318.
4. Великанов Н.Л., Наумов В.А., Великанова М.Н. Расчет распространения загрязнения в реке Товарная // Вода: химия и экология. – 2011. – № 8. – С. 89–94.
5. Чикин А.Л., Чикина Л.Г. Моделирование процесса переноса и оседания ила в подходных судоходных каналах (на примере Таганрогского залива) // Вестник Южного научного центра РАН. – 2011. – Т. 7. – № 2. – С. 45–48.
6. Клинов А.В., Мухаметзянова А.Г., Алексеев К.А. Численное моделирование зон осаждения полидисперсной взвеси в малых водотоках // Вестник Казанского технолог. ун-та. – 2012. – Т. 15. – № 19. – С. 10–12.
7. Распространение взвеси и ее воздействие на биоту при дноуглублении в Кольском заливе (Баренцево море). 1. Исходные данные и используемые модели / К.А. Клеванный, Е.В. Смирнова, А.А. Шавыкин и др. // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2013. – № 3. – С. 18–24.
8. Временные указания по оценке повышения мутности при землечерпательных работах, проводимых для обеспечения транзитного судоходства на реках, и учету ее влияния на качество воды и экологию гидробионтов. – М.: Изд-во ЦБНТИ Минречфлота РСФСР, 1986. – 60 с.
9. Методика разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей. Министерство природных ресурсов Российской Федерации: Приказ № 333 от 17 декабря 2007 г.

10. *Караушев А.В.* Теория и методы расчета речных наносов: Моногр. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 271 с.

11. *Дружинин Н.И., Шишкин А.И.* Математическое моделирование и прогнозирование загрязнения поверхностных вод суши. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 390 с.

12. *Алексеевский Н.И.* Гидрофизика: Моногр. – М.: Изд. центр «Академия», 2006. – 176 с.

13. *Волынов М.А.* Влияние плановой геометрии речного русла на диффузию и дисперсию примеси // *Фундаментальные исследования.* – 2013. – № 6. – С. 535–540.

14. *Великанов Н.Л., Наумов В.А., Примаков Л.В.* Осаждение частиц взвесей в воде // *Механизация строительства.* – 2013. – № 7. – С. 44–48.

15. *Великанов Н.Л., Наумов В.А., Корягин С.И.* Моделирование форм твердых частиц, перемещаемых гидротранспортом // *Вестник машиностроения.* – 2014. – № 4. – С. 50–52.

16. *Наумов В.А.* Влияние формы и плотности инерционных частиц на их осаждение в водотоке при дноуглублении // *Вестник науки и образования: Электронный журнал.* – 2016. – № 7 (19). – С. 9–11. – URL: <http://elibrary.ru/download/54116647.pdf>.

УДК 639.2.081.117.21:004.9

**А.А. Недоступ, А.О. Ражев**

*Калининградский государственный технический университет,  
Калининград, 236022  
e-mail: nedostup@klgtu.ru*

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТРАЛОВОЙ ДОСКИ ДЛЯ ЗАДАЧ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РАЗНОГЛУБИННОЙ ТРАЛОВОЙ СИСТЕМЫ МЕТОДАМИ ТОЧЕЧНЫХ МАСС И РАСЩЕПЛЕНИЯ В ДИНАМИКЕ**

В данной статье описана математическая модель траловой доски разноглубинной траловой системы, оптимизированная для численного моделирования методом точечных масс с использованием параллельной архитектуры графического процессора. Оптимизация основана на представлении зависимости силовых характеристик доски от ее пространственных и кинематических характеристик в табличном виде. Построение таблиц производится с использованием метода расщепления. В конце статьи представлен результат работы программы создания траловой доски в виде набора трехмерных геометрических поверхностей.

**Ключевые слова:** разноглубинная траловая система, траловая доска, математическая модель, метод расщепления, точечные массы, графический процессор, компьютерная программа.

**A.A. Nedostup, A.O. Raghev**

*Kaliningrad State Technical University,  
Kaliningrad, 236022  
e-mail: nedostup@klgtu.ru*

## **MATHEMATICAL MODEL OF THE TRAWL DOOR FOR NUMERIC SIMULATION IN DYNAMICS OF MIDWATER TRAWL SYSTEM USING MASS-POINTS AND ALTERNATING DIRECTION IMPLICIT METHODS**

This article describes a mathematical model of the trawl door optimized for numerical simulation using mass-points method and GPU parallel architecture. This optimization based on using tables, contains power characteristics of the door from spatial and kinematic characteristics dependences. When creating tables alternating direction implicit method is used. The article presents the results of the program of creating the trawl doors in the form of a set of three-dimensional geometric surfaces.

**Key words:** midwater trawl system, trawl door, mathematical model, alternating direction implicit method, mass-points, GPU, computer program

Для моделирования динамики разноглубинной траловой системы методом точечных масс [1, 2] необходимо знать все массы, сосредоточенные в узлах (точечные массы) с учетом присоединенной массы, зависимости расстояний между всеми связями от внутренних сил (сил натяжения) и значения внешних сил, приложенных ко всем узлам (гидростатических, гидродинамических, сил тяги траулера).

Для канатно-веревочного изделия (КВИ), которым является трал, связью считается участок каната, троса, нитки или веревки, а узлом – место их соединения. Для моделирования прогиба каната, троса или веревки в модель точечных масс вводятся дополнительные узлы, расположенные на канате (тросе, веревке и т.п.) и делящие его (ее) на части.

В траловую систему входят не только КВИ, но и такие элементы конструкции, как распорные траловые доски, которые необходимо внедрить в общую математическую модель. Для этого траловую доску необходимо представить в виде узлов и связей, т. е. создать математическую модель точечных масс для траловой доски.

Рассмотрим случай, когда расстояния между точками крепления ваеров и лапок к траловой доске фиксированы в течение всего процесса моделирования (соединение крыльев и перекрылок жесткое). При переходе к математической модели заменим точки крепления ваера (точка 1 на рис. 1) и лапок к траловой доске (точки 2 и 3 на рис. 1) узлами. Введем три инцидентные каждой паре узлов связи  $a$ ,  $b$  и  $c$  (рис. 1). Длины данных связей определены и фиксированы в течение всего процесса моделирования и не зависят от сил сжатия/растяжения (величина, обратная модулю упругости связи при сжатии и растяжении равна нулю).

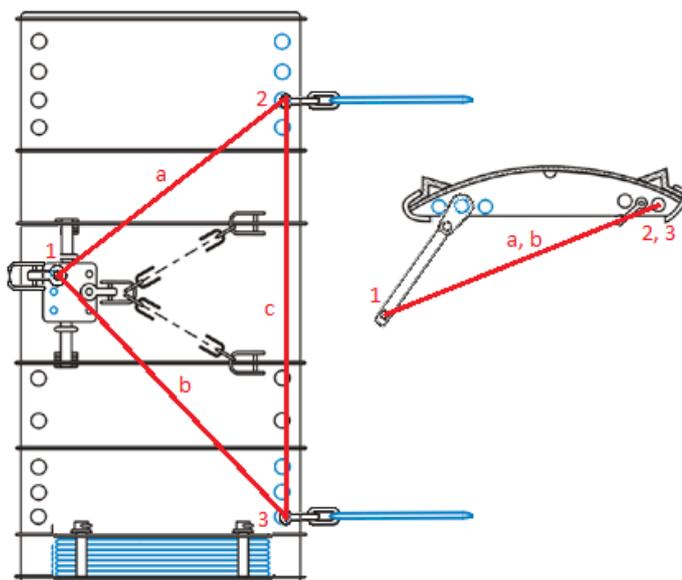


Рис. 1. Распорная траловая доска с обозначением узлов и связей модели точечных масс

Для определения массы, сосредоточенной в каждой из трех точек, необходимо знать конструкцию траловой доски и плотность ее материалов. Для определения внешних сил, действующих на узлы траловой доски, необходимо знать вес в воде, сосредоточенный в узле и поле давлений воды на поверхностях траловой доски.

Современные траловые доски имеют достаточно сложную конструкцию, поэтому для точного моделирования их влияния на динамику всей траловой системы поле давлений необходимо вычислять с использованием уравнений Навье-Стокса [3]. Одним из методов численного решения данных уравнений является метод расщепления [4]. Метод достаточно трудоемок с точки зрения вычислений на ЭВМ. Одним из направлений оптимизации вычислений является параллельная (одновременная) обработка множества ячеек трехмерной вычислительной сетки с использованием вычислительных ресурсов графического процессора (графических процессоров) [5].

Авторами статьи разрабатывается программный код алгоритма метода расщеплений для параллельных вычислений на персональном компьютере с графическим процессором в операционной системе Windows с использованием программного интерфейса DirectCompute [6].

Из-за большой трудоемкости численного решения уравнений Навье-Стокса методом расщепления даже с учетом указанных выше оптимизаций его применение «в лоб» для расчета внешних сил на каждой итерации алгоритма точечных масс на персональном компьютере в реальном времени не представляется возможным. В связи с этим авторами предлагается более быстрый способ, основанный на композиции двух методов: расщепления для траловых досок и точечных масс для канатно-веревочной части траловой системы. Взаимодействие между методами (математическими моделями) предлагается осуществлять через табличные преобразования с линейной интерполяцией промежуточных значений.

Опишем подробнее принцип взаимодействия. Траловая доска представляется как абсолютно твердое тело с шестью степенями свободы. Так как разноглубинный трал работает далеко от поверхности дна водоема, то его влиянием на поля скоростей и давлений водной массы можно пренебречь. Также можно пренебречь искажением этих полей, вызванных другими частями траловой системы из-за достаточного их удаления.

С учетом вышесказанных упрощений для определения поля давлений на поверхностях траловой доски достаточно знать скорости (в векторной форме) перемещения всех точек поверхностей относительно воды в трехмерном пространстве. В свою очередь для определения скорости любой из точек на поверхностях доски достаточно знать скорость поступательного движения центра масс и три угловые скорости вращения доски вокруг осей декартовой системы координат с началом в центре масс.

Для каждого типа траловой доски производится моделирование методом расщепления для всех возможных комбинаций поступательных и угловых скоростей с заданным шагом дискретизации (определяется путем сравнения с имеющимися данными на основании необходимой точ-

ности). По результатам каждого шага вычисляется поле давлений, а затем и внешние силы, приложенные к трем узлам доски (в модели точечных масс). В результате мы получаем шестимерную таблицу, ставящую в соответствие скоростям внешние силы.

При переходе к математической модели точечных масс с использованием геометрических преобразований достаточно преобразовать мгновенные скорости трех узлов (9 вещественных значений) в поступательную и угловые скорости (6 вещественных значений) и по таблице с использованием линейной интерполяции промежуточных значений найти значения внешних сил для трех узлов траловой доски.

Для математического описания конструкции траловой доски авторами предлагается кусочно-линейная аппроксимация [7] профиля всех деталей доски (крыло, прекрылки) в поперечной плоскости сечения с заданной степенью дискретизации, определяемой экспериментально с учетом заданной погрешности вычислений (например, 32). При этом условится, что профили любого поперечного сечения идентичны. Такая математическая модель приемлема для описания большинства применяемых траловых досок.

Поперечный профиль предлагается определять методом кусочно-квадратичной интерполяции [8] по заданным базовым точкам (рис. 2).

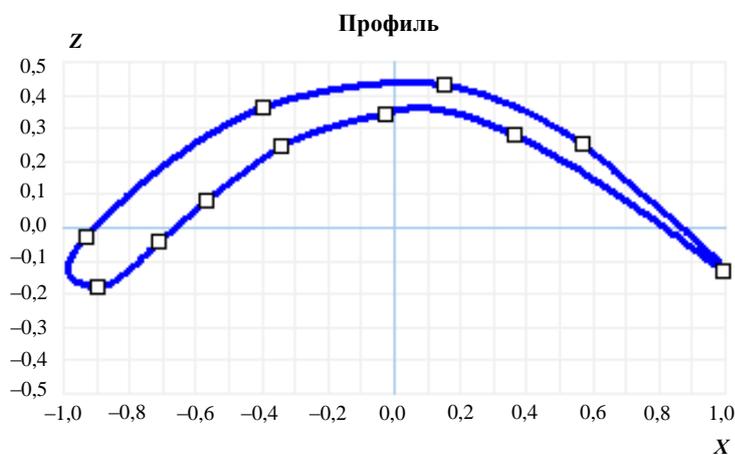


Рис. 2. Профиль детали в поперечном сечении с базовыми точками

Для каждой детали траловой доски необходимо задать профиль, ее геометрические размеры (размах, хорда), положение относительно других деталей и другие характеристики (рис. 3). Также необходимо задать положение точек крепления ваера и лапок.

Характеристики траловой доски		Параметры деталей оснастки	
Общая масса доски $m_d$ , кг	500.0	Номер детали	1
Масса киля $m_k$ , кг	50.0	Номер профиля	1
Усредненная плотность материала доски $\rho_d$ , кг/м <sup>3</sup>	7000	Размах детали $l$ , м	10.00
Усредненная плотность материала киля $\rho_k$ , кг/м <sup>3</sup>	7000	Хорда профиля $b$ , м	1.000
Количество деталей оснастки	1		
Количество профилей	1		
Тип доски	Плоская		

Точки крепления лапок (вирт.)		Точка крепления ваера (вирт.)	
С учетом центра масс	<input checked="" type="checkbox"/>	С учетом центра масс	<input checked="" type="checkbox"/>
Смещение верхнего крепления $X_u$ , м	0.500	Смещение крепления $X_v$ , м	-0.500
Смещение верхнего крепления $Z_u$ , м	-3.000	Смещение крепления $Z_v$ , м	5.000
Смещение нижнего крепления $Y_d$ , м	0.00		
Смещение нижнего крепления $Z_d$ , м	3.000		

Рис. 3. Характеристики траловой доски, деталей оснастки и точек крепления ваера и лапок

По предложенному алгоритму построения математической модели авторами была разработана компьютерная программа «Конструктор крыловидных траловых досок». Пример трехмерного отображения математической модели траловой доски с крылом и четырьмя прекрылками, созданной в программе, показан на рис. 4 и 5.

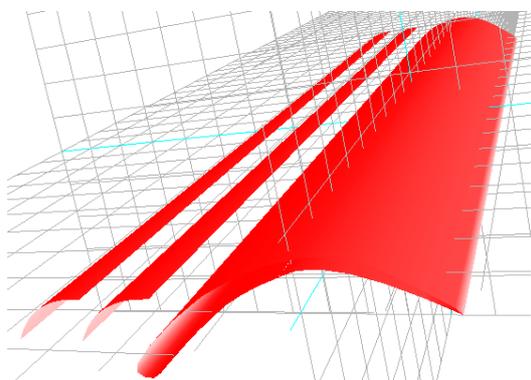


Рис. 4. Вид сверху поверхностей траловой доски и координатной сетки

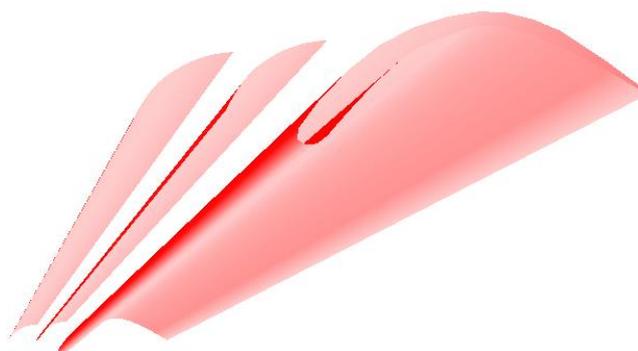


Рис. 5. Вид снизу поверхностей траловой доски

Статья подготовлена в рамках выполнения гранта РФФИ №15-08-00464-а «Математическое, физическое и имитационное моделирование сетных орудий рыболовства и аквакультуры».

#### Литература

1. Недоступ А.А., Ражев А.О., Соколова Е.В., Макаров В.В. Математическое моделирование орудий и процессов рыболовства. Ч. 3: Моногр. – Калининград: Изд-во КГТУ, 2016. – 184 с.
2. Недоступ А.А., Ражев А.О., Соколова Е.В. Моделирование озерных закидных неводов методом конечных элементов // Рыбное хозяйство. – № 2. – 2016. – С. 96–99.
3. Недоступ А.А., Ражев А.О. Расчет сил гидродинамического сопротивления сетных орудий рыболовства в задачах имитационного их моделирования // Известия КГТУ. – № 42. – 2016. – С. 185–192.
4. Марчук Г.И. Методы расщепления для решения нестационарных задач // Журнал вычисл. матем. и матем. физики. – 1995. – Т. 35. – № 6. – С. 843–849.
5. Березин С.Б., Пасконов В.М., Сахарных Н.А. Моделирование трехмерных течений методом расщепления с использованием параллельной архитектуры ГПУ. Вычислительные методы и программирование: новые вычислительные технологии. – М: Научно-исследовательский вычислительный центр МГУ, 2012. – № 2. – С. 75–81.
6. Zink J., Pettineo M., Hoxley J. Practical rendering and computation with Direct3D 11. CRC Press. ISBN: 978-1-56881-720-0. – 2011. – С. 637.
7. Антоник В. Г., Срочко В. А. Решение задач оптимального управления на основе методов линеаризации // Журнал вычисл. матем. и матем физики. – 1992. – Т. 32. – № 7. – С. 979–991.
8. Каханер Д., Моулер К., Нэш С. Численные методы и программное обеспечение. – М.: Мир, 1998. – 575 с.

УДК 639.2.081.117.21:004.9

**А.О. Ражев, А.А. Недоступ**

*Калининградский государственный технический университет,  
Калининград, 236022  
e-mail: nedostup@klgtu.ru*

### **О ВЕРИФИКАЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТРАЛОВОЙ ДОСКИ ДЛЯ ЗАДАЧ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РАЗНОГЛУБИННОЙ ТРАЛОВОЙ СИСТЕМЫ**

В данной статье поставлена задача оценки верификации математической модели траловой доски проекта 2490 НПО промысловства, разработанной для задач численного моделирования разноглубинной траловой системы. На основании проведенных экспериментальных исследований с физической моделью траловой доски были получены данные по значениям гидродинамических коэффициентов и моментов угла атаки.

**Ключевые слова:** траловая доска, математическая модель, верификация, эксперимент, гидродинамические коэффициенты.

**A.O. Raghev, A.A. Nedostup**

*Kaliningrad State Technical University,  
Kaliningrad, 236022  
e-mail: nedostup@klgtu.ru*

### **ABOUT VERIFICATION OF MATHEMATICAL MODEL FOR TRAWL BOARDS NUMERICAL SIMULATION MIDWATER TRAWL SYSTEM**

In this article, the task of evaluating the verification of the mathematical model of the trawl boards Project 2490 NGO promryblovstva developed for numerical simulation tasks midwater trawl system. On the basis of experimental studies of the physical model of the otter board, data were obtained from the values of the hydrodynamic coefficients and moments of the angle of attack.

**Key words:** trawl board, mathematical model, verification, experiments, hydrodynamic coefficients.

Для расчета движения траловых досок разноглубинных и донных тралов, т. е. определения положения их в водном пространстве и для определения устойчивых качеств, необходимо знание результирующих гидродинамических сил и моментов, к которым приводится силовое взаимодействие среды и устройства при разных скоростях и направлениях его движения. Определение этих сил и моментов составляет одну из основных задач гидромеханики распорных устройств. Сюда входят вопросы об определении лобового сопротивления, распорной силы, гидродинамических моментов, действующих на траловую доску [1].

Вопросы расчета распорных траловых досок на прочность, устойчивость выдвигают перед гидродинамикой другую задачу, более сложную и трудную. Для этих расчетов необходимо знание того, как распределены гидродинамические силы по поверхности траловой доски в разных случаях движения. Следует отметить, что для гидродинамических сил характерно неравномерное их распределение. Местные нагрузки могут при этом достигать весьма больших величин, в особенности при больших скоростях траления [2].

При проектировании траловых досок возникает, во-первых, задача выбора внешних форм устройства и его частей. Было бы неправильно представлять себе, что для всех случаев существует наилучшая, так сказать, идеальная форма траловых досок. На самом деле каждой скорости или другому условию, предъявляемому к траловой доске, отвечает своя, наилучшая с гидродинамической точки зрения, внешняя форма. Так, например, донные траловые доски должны

иметь сравнительно толстый профиль (толщину стенки), тогда как разноглубинные относительно тонкий. Первой задачей гидродинамики при проектировании является выбор наилучших внешних форм распорного устройства, соответствующих техническим условиям, предъявляемым к проектируемому объекту. Во-вторых, при проектировании возникает задача наиболее рационального размещения и взаимного расположения элементов траловой доски. Дело в том, что всякая деталь, находящаяся в потоке, изменяет скорости, углы атаки, а следовательно, и гидродинамические силы потока. Второй задачей гидродинамики является изучение взаимного влияния частей траловых досок и выбор наиболее выгодного их расположения.

Исследования траловых досок в основном базируются на экспериментах. Экспериментальные исследования проводятся с натурными досками в морских условиях, с моделями в водоемах и на специальных установках (гидроканал, опытовый бассейн, аэродинамическая труба и др.). Испытание траловых досок в морских условиях и моделей в водоемах сопряжено с большими экономическими затратами. При этом экспериментальные исследования с моделями траловых досок на специальных установках (в гидроканале, опытовом бассейне или аэродинамической трубе) также не дешевы.

Помимо натуральных и модельных опытов с траловыми досками и их моделями, существует математическое и компьютерное моделирование траловых досок.

Цель данной работы состоит в оценке верификации математической модели траловой доски для задач численного моделирования разноглубинной траловой системы. Возникла задача проверить данные компьютерного моделирования траловой доски с данными экспериментальных исследований физической модели [3].

Таким образом, на основании данных (рис. 1) прямоугольной цилиндрической доски площадью  $S = 8 \text{ м}^2$  проекта 2490 НПО промысловства была разработана конструкция модели траловой доски. Данный тип траловых досок хорошо зарекомендовал себя на промысле [4], т. к. он наиболее удачен и практичен. Эти траловые доски обладают рядом преимуществ. Главное из них это, конечно, их хорошие гидродинамические характеристики. Кроме того, они довольно просты в изготовлении. Оснастка этих досок также не представляет больших трудностей. Эти и другие особенности позволяют этим доскам занимать одно из лидирующих положение среди конструкций, работающих в пелагиали. На основании натурной траловой доски был разработан эскиз универсальной модели траловой доски (рис. 2). Затем разработана сама конструкция модели траловой доски с навесными предкрылками, в количестве двух пар и изменяющимся поперечным углом  $\psi_{кр}$ , который характеризует вид крыла спереди.

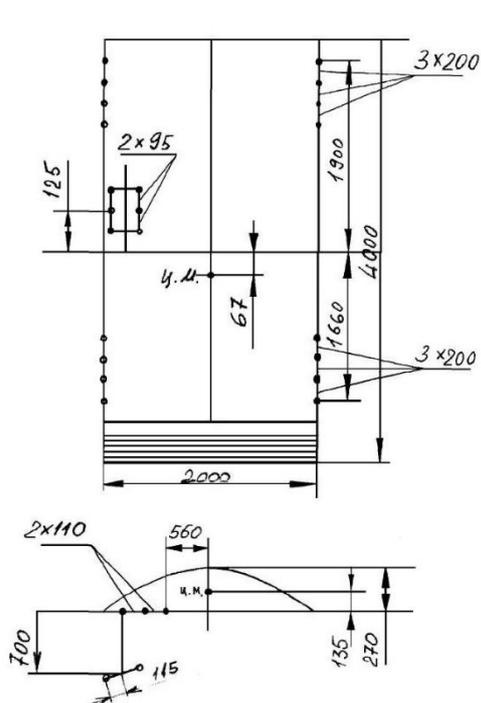


Рис. 1. Эскиз траловой доски  $S=8 \text{ м}^2$  пр. 2490 НПО промысловства

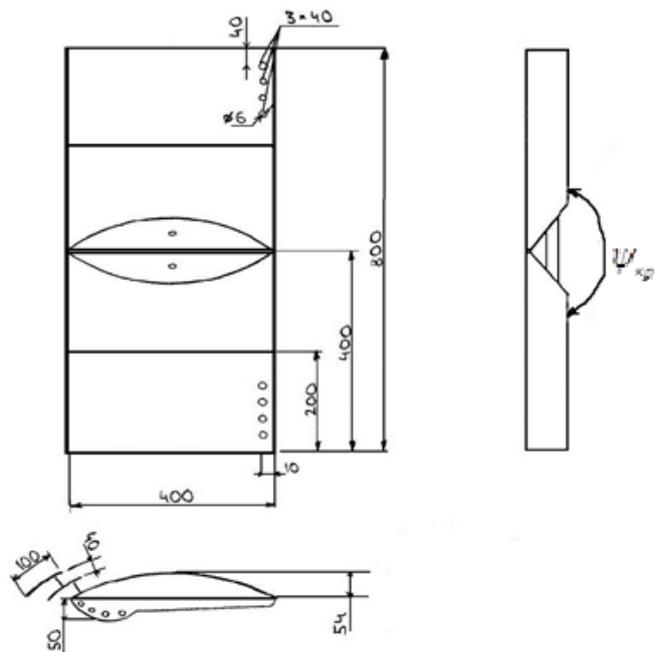


Рис. 2. Эскиз модели траловой доски

Наличие навесных предкрылков позволяет использовать доску в трех различных вариантах – без предкрылков, с одним и с двумя предкрылками, что делает предложенную модель разноплановой и универсальной. Модель экспериментальной траловой доски имеет параметры, указанные в таблице.

Таблица

Геометрические параметры модели траловой доски

Геометрические параметры модели траловой доски	Значение
Линейный масштаб модели	0,2
Хорда доски, м	0,4
Размах доски, м	0,8
Площадь в плане, м <sup>2</sup>	0,32
Площадь с одним предкрылком, м <sup>2</sup>	0,37
Площадь с двумя предкрылками, м <sup>2</sup>	0,43
Хорда предкрылка, м	0,1
Размах предкрылка, м	0,7

Модель траловой доски, изготовленная из листовой стали Ст. 3 с толщиной стенки 3,0 мм, изображена на рис. 3.

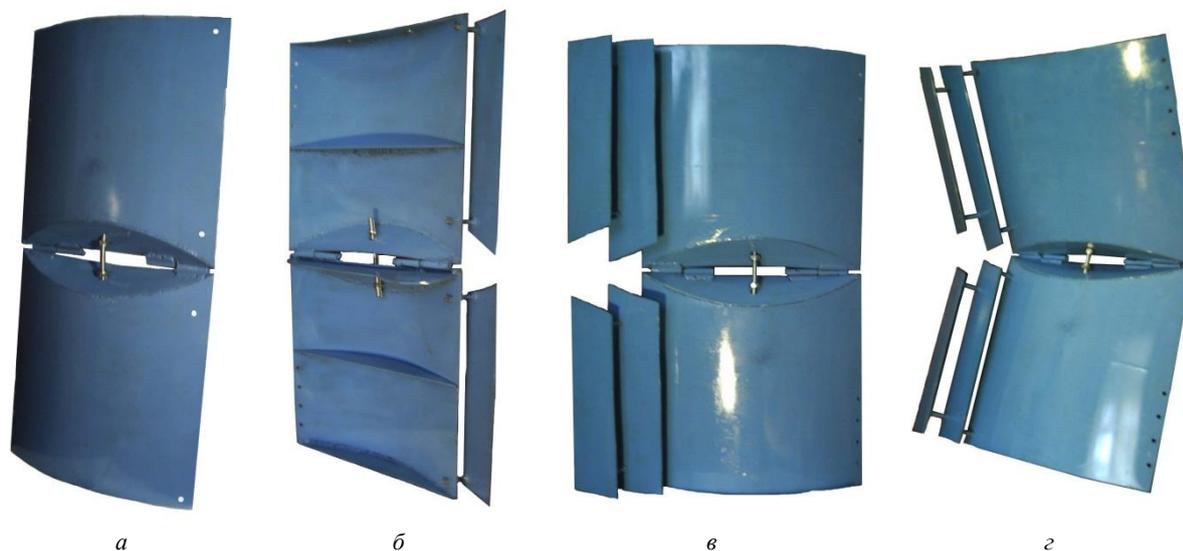


Рис. 3. Модель траловой доски: а – без предкрылков  $\psi_{кр}=180^\circ$  б – с одним предкрылком  $\psi_{кр}=180^\circ$ ; в – с двумя предкрылками  $\psi_{кр}=180^\circ$ ; з – с двумя предкрылками  $\psi_{кр}=160^\circ$

На основании проведенных экспериментальных исследований с физической моделью траловой доски в гидроканале ЗАО «МариНПО» (рис. 4) были получены данные по значениям гидродинамических коэффициентов и моментов угла атаки (рис. 5–7).



Рис. 4. Модель распорной траловой доски в гидроканале ЗАО «МариНПО»

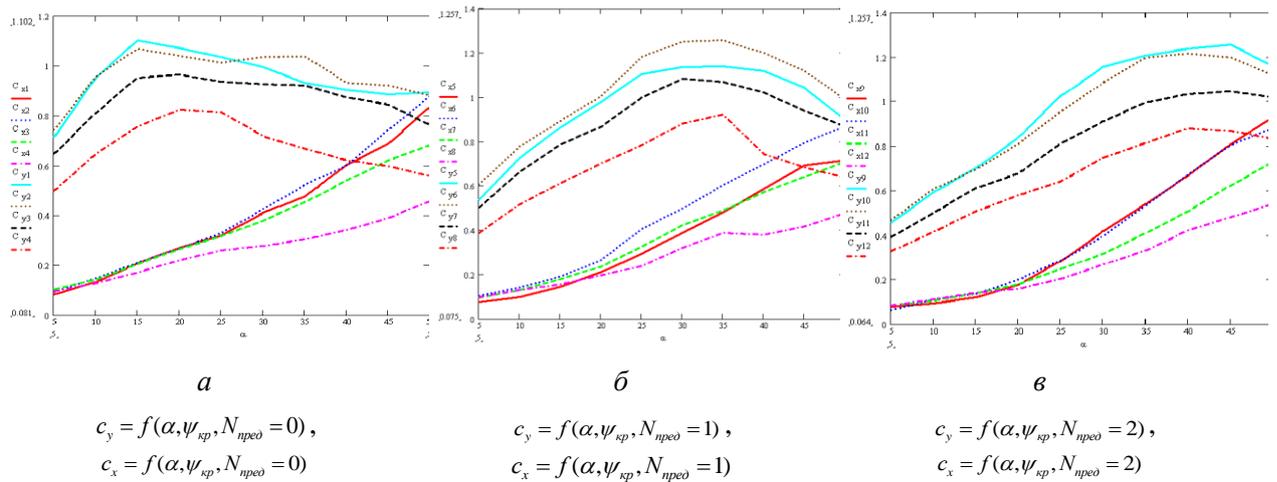


Рис. 5. Графики зависимости коэффициентов распорной силы и силы сопротивления от угла атаки, поперечного угла и количества предкрылок  $N_{пред}$

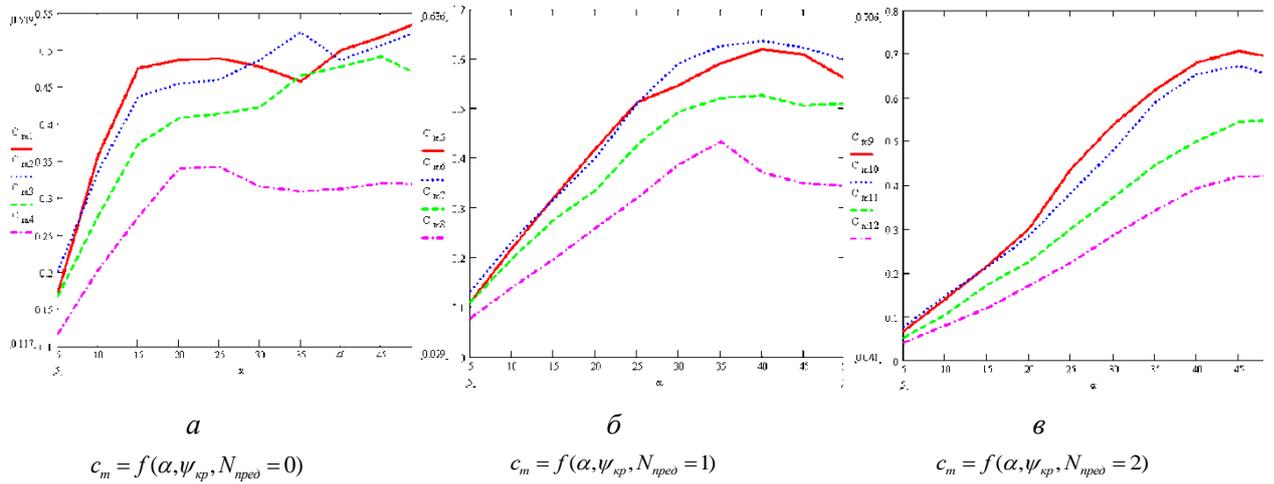


Рис. 6. Графики зависимости коэффициента продольного момента от угла атаки, поперечного угла и количества предкрылок  $N_{пред}$

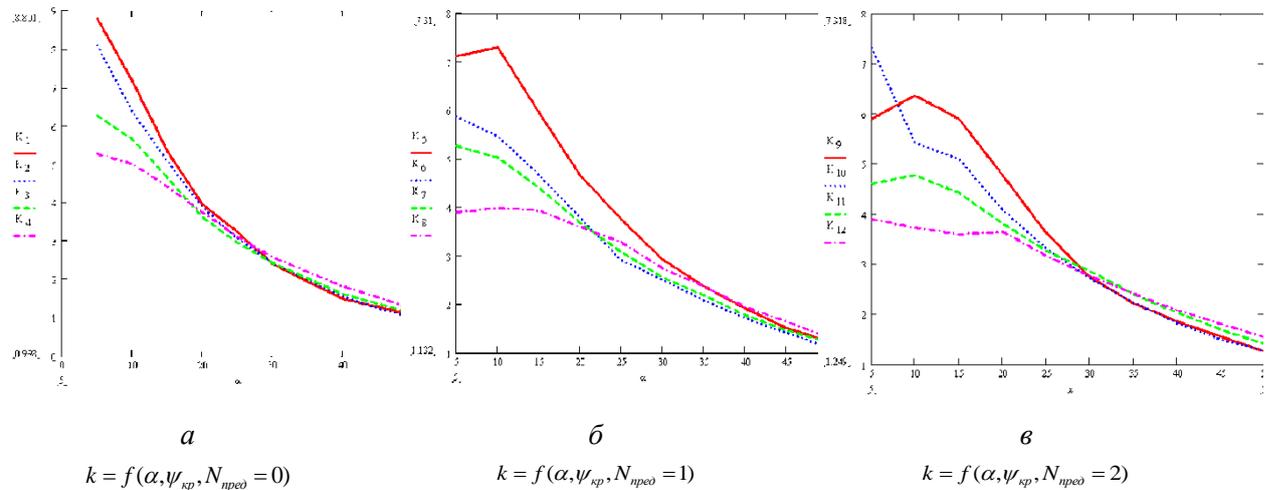


Рис. 7. Графики зависимости гидродинамического качества траловой доски от угла атаки, поперечного угла и количества предкрылок  $N_{пред}$

На основании геометрических параметров траловой доски, указанных в таблице, основываясь на ее математической модели, при помощи компьютерной программы была построена трехмерная модель (рис. 8 и 9).

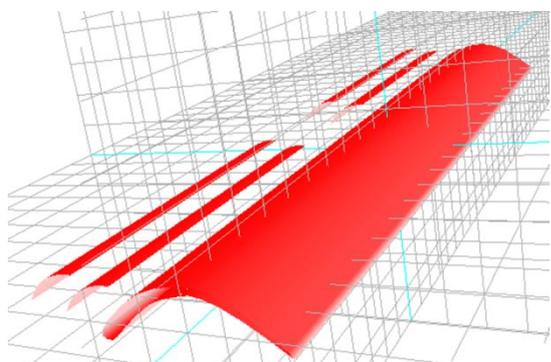


Рис. 8. Вид сверху поверхностей траловой доски и координатной сетки

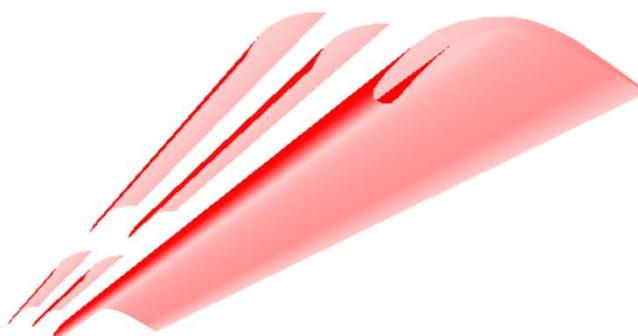


Рис. 9. Вид снизу поверхностей траловой доски

С использованием трехмерной модели траловой доски, построенной при помощи компьютерной программы, методами численного моделирования (методом расщепления) с использованием систем уравнений Навье-Стокса можно рассчитать поле давления, по которому получить графики зависимостей, подобные изображенным на рис. 5–7. Сопоставив графики, полученные в результате численного эксперимента, с графиками, изображенными на рис. 5–7, мы решим поставленную задачу верификации.

### Литература

1. Фридман А.Л. Теория и проектирование орудий промышленного рыболовства. – М.: 1981. – 327 с.
2. Карпенко В.П., Фридман А.Л. Устройства раскрытия рыболовных тралов. – М.: Пищевая пром-сть, 1980. – 248 с.
3. Недоступ А.А., Мурашкин Е.А., Давыденко О.А., Петров А.Г., Степанов А.М., Связов А.М. № 2323572. Распорная траловая доска. Патент. Заявка 09 октября 2006 г. Зарегистрирован 10 мая 2008 г.
4. Отчет о рейсе РТМА 7207 «Садко» в районе Юго-Западной Атлантики. Рейсовый отчет 3060 РО. НПО промышленного рыболовства. – Калининград, 1985. – 189 с.

УДК [550.8:622.1:543.411](571.66)

**В.А. Швецов**

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

### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АНАЛИТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПОИСКА И РАЗВЕДКИ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАМЧАТСКОГО КРАЯ

В статье предложен методический прием, позволяющий ускорить транспортирование проб в Центральную лабораторию для определения золота и серебра. Результаты определения оперативно используются геологами для управления геолого-разведочными работами на месторождении.

**Ключевые слова:** золоторудные месторождения, аналитический контроль.

**V.A. Shvetsov**

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

### IMPROVEMENT OF ANALYTICAL CONTROL OF SEARCH AND INVESTIGATION OF GOLD FIELDS OF KAMCHATKA KRAI

The methodical technique allowing to speed up transportation of samples to the Central laboratory for finding gold and silver is offered in the article. The results of finding are quickly used by geologists for management of exploration works on the field.

**Key words:** gold fields, analytical control.

Разведка и добыча золота – приоритетное направление развития экономики Камчатки. При разведке золоторудных месторождений геологи отбирают большое количество проб массой 1–13 кг (десятки тысяч проб) [1]. Пробы необходимо транспортировать в Центральную лабораторию с максимальной скоростью для определения золота и серебра. Результаты определения оперативно используются геологами для управления геолого-разведочными работами на месторождении. Ускорить транспортирование проб можно с помощью следующего методического приема. Из материала геологических проб, дробленых до крупности зерна минус 1 мм отбирают методом квадратования навески массой 110 г. Навески доставляются в Центральную лабораторию различными видами транспорта (часто воздушным транспортом). Затем анализируются пробирным методом. Результаты анализа срочно сообщаются заказчику. Эффективность данного методического приема иллюстрируется результатами следующего эксперимента. Анализовали пробирным методом [2] партию проб кварц-сульфидной золотосодержащей руды. Использовали три аналитические навески: I (измельчены до минус 1 мм) и II (измельчены до минус 0,071 мм) – массой 50 г и III (измельчены до минус 0,071 мм) – массой 10 г. Золотосеребряные корольки и золотые корточки взвешивали на весах ВЛМ-1. При подготовке проб к анализу использовали результаты исследований [3–8]. Результаты анализа приведены в таблице.

Таблица

Результаты анализа проб кварц-сульфидной золотосодержащей руды

№ пробы	Результаты определения Au и Ag, г/г, при использовании навески					
	I – 50 г (–1 мм)		II – 50 г (–0,071 мм)		III – 10 г (–0,071 мм)	
	Au <sub>1</sub>	Ag <sub>1</sub>	Au <sub>2</sub>	Ag <sub>2</sub>	Au <sub>3</sub>	Ag <sub>3</sub>
1	1,8	25,6	1,6	25,2	1,0	30
2	1,3	<5,0	1,4	<5,0	1,0	<5,0
3	1,0	<5,0	0,6	<5,0	1,0	<5,0
4	1,0	<5,0	0,6	<5,0	1,0	<5,0
5	0,6	<5,0	0,2	<5,0	<0,2	<5,0

№ пробы	Результаты определения Au и Ag, г/т, при использовании навески					
	I – 50 г (-1 мм)		II – 50 г (-0,071 мм)		III – 10 г (-0,071 мм)	
	Au <sub>1</sub>	Ag <sub>1</sub>	Au <sub>2</sub>	Ag <sub>2</sub>	Au <sub>3</sub>	Ag <sub>3</sub>
6	0,8	<5,0	0,6	<5,0	1,0	<5,0
7	1,4	<5,0	1,8	<5,0	2,0	<5,0
8	1,4	<5,0	1,8	<5,0	2,0	<5,0
9	1,0	<5,0	0,8	<5,0	1,0	<5,0
10	0,9	<5,0	0,8	<5,0	2,0	<5,0
11	0,5	<5,0	0,4	<5,0	<0,2	<5,0
12	0,7	<5,0	0,2	<5,0	1,0	<5,0
13	0,7	<5,0	0,4	<5,0	1,0	<5,0
14	0,7	<5,0	0,4	<5,0	1,0	<5,0
15	1,1	<5,0	1,2	<5,0	1,0	<5,0
16	1,6	<5,0	1,2	<5,0	1,0	<5,0
17	0,8	<5,0	0,8	<5,0	1,0	<5,0
18	1,4	<5,0	1,4	<5,0	1,0	<5,0
19	1,4	<5,0	1,4	<5,0	1,0	<5,0
20	0,5	9,1	0,6	8,2	1,0	<5,0
21	1,1	43,9	1,6	47,4	1,0	49,0
22	0,3	<5,0	0,2	<5,0	<0,2	<5,0
23	1,0	<5,0	1,0	<5,0	1,0	<5,0
24	1,0	<5,0	1,0	<5,0	1,0	<5,0
25	0,8	<5,0	1,0	<5,0	2,0	<5,0
26	1,9	<5,0	1,6	<5,0	2,0	<5,0
27	1,5	<5,0	2,0	<5,0	2,0	<5,0
28	1,5	<5,0	2,0	<5,0	2,0	<5,0

Из результатов эксперимента следует, что предлагаемую автором методику экспрессного пробирного анализа можно использовать в практике.

### Литература

1. Швецов В.А. Химическое опробование золоторудных месторождений. – Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатГТУ, 2008. – 220 с.
2. Пахомова В.В., Швецов В.А. СТП 13-008-09 Стандарт предприятия. Определение золота и серебра в золотосеребряных рудах и продуктах их переработки пробирным методом. – Петропавловск-Камчатский: ОАО «Камчатгеология», 2010. – 17 с.
3. Белавина О.А. Разработка инновационной технологии подготовки проб золотосодержащего минерального сырья к анализу / О.А. Белавина, В.А. Швецов, Д.В. Шунькин, Н.В. Адельшина, П.А. Белозеров, В.А. Пахомов // Вестник Камчатского гос. техн. ун-та. – Петропавловск-Камчатский, 2013. – Вып. 24. – С. 5–10.
4. Пахомова В.В. Исследование влияния степени измельчения аналитических проб золотосодержащих руд на результаты определения золота атомно-эмиссионным методом / В.В. Пахомова, В.А. Швецов, О.А. Белавина, Н.В. Адельшина // Вестник Камчатского гос. техн. ун-та. – Петропавловск-Камчатский, 2013. – Вып. 23. – С. 37–40.
5. Пахомова В.В. О прогнозировании величины систематической погрешности результатов пробирного анализа / В.В. Пахомова, В.А. Швецов, О.А. Белавина, Д.В. Шунькин, Н.В. Адельшина // Вестник Камчатского гос. техн. ун-та. – Петропавловск-Камчатский, 2012. – Вып. 19. – С. 29–31.
6. Швецов В.А., Белавина О.А. К вопросу о контроле качества результатов анализа золотосодержащих руд // Вестник Камчатского гос. техн. ун-та. – Петропавловск-Камчатский, 2010. – Вып. 11. – С. 49–54.
7. Швецов В.А. К вопросу контроля степени тонкого измельчения лабораторных проб золотосодержащих руд первой группы / В.А. Швецов, О.А. Белавина, Н.В. Адельшина, Д.В. Шунькин, В.В. Пахомова // Вестник Камчатского гос. техн. ун-та. – Петропавловск-Камчатский, 2010. – Вып. 14. – С. 16–19.
8. Белавина О.А. Разработка новых методик контроля качества операции перемешивания тонкоизмельченных проб минерального сырья / О.А. Белавина, В.А. Швецов, В.В. Пахомова, Д.В. Шунькин // Вестник Камчатского гос. техн. ун-та. – Петропавловск-Камчатский, 2011. – Вып. 18. – С. 19–23.

УДК 553.411(571.66)

**В.А. Швецов<sup>1</sup>, О.А. Белавина<sup>1</sup>, А.П. Иванова<sup>2</sup>, М.П. Гузь<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003*

<sup>2</sup>*ОАО «Камчатгеология»,  
Петропавловск-Камчатский, 683016  
e-mail: oni@kamchatgtu.ru*

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ РУД ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАМЧАТСКОГО КРАЯ**

В статье определили восстановительную способность руд золотосодержащих месторождений Камчатского края. Результаты эксперимента позволяют сделать следующие выводы: при расчете шихты для проб руды месторождения «Бараньевское» восстановительную способность проб можно не учитывать; при анализе проб кварц-сульфидной руды месторождения «Кумроч» необходимо рассчитывать состав шихты для каждой пробы с учетом восстановительной способности проб.

**Ключевые слова:** золотосодержащие руды, восстановительная способность руды.

**V.A. Shvetsov<sup>1</sup>, O.A. Belavina<sup>1</sup>, A.P. Ivanova<sup>2</sup>, M.P. Guz<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003*

<sup>2</sup>*JSC «Kamchatgeology»,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683016  
e-mail: oni@kamchatgtu.ru*

## **DETERMINATION OF ORE REDUCIBILITY OF GOLD-BEARING FIELDS IN KAMCHATKA KRAI**

Ore reducibility of gold-bearing fields in Kamchatka Krai is determined in the article. The results of the experiment allow to draw the following conclusions: when calculating batch for ore samples of the deposit “Baranyevskoye”, reducibility of samples can be not considered; in the analysis of quartz-sulphide ore samples of the deposit “Kumroch” it is necessary to count batch composition for each sample taking into account reducibility.

**Key words:** gold-bearing ores, recovery ability of ore.

Разведка и разработка золоторудных месторождений – приоритетное направление развитие экономики Камчатского края. Контроль качества золотосодержащих руд и продуктов их переработки осуществляется с помощью пробирного анализа [1, 2]. Однако пробирный анализ имеет существенные недостатки: высокую стоимость и низкую производительность. В работе [1] показано, что использование восстановительной способности материала проб золотосодержащих руд в пробирном анализе позволяет повысить его технико-экономические характеристики (снизить расход электроэнергии и материалов, повысить производительность труда. Необходимо установить область применения данного способа [2].

Цель настоящей работы – определить восстановительную способность руд золотосодержащих месторождений Камчатского края и установить необходимость разработки новых методических приемов определения восстановительной способности золотосодержащих руд. Для достижения поставленной цели был выполнен следующий эксперимент. По способу [2] определили восстановительную способность материала проб кварцевой золотосодержащей руды (месторож-

дение «Бараньевское») и кварц-сульфидной золотосодержащей руды (месторождение «Кумроч»). Результаты эксперимента и статистических расчетов приведены в таблице.

Таблица

Результаты определения восстановительной способности материала проб золотосодержащих руд

№ пробы	Восстановительная способность $C_i$ , г/т, проб					
	Кварцевой руды			Кварц-сульфидной руды		
	$C_i$	$C_i - C_{cp}$	$(C_i - C_{cp})^2$	$C_i$	$C_i - C_{cp}$	$(C_i - C_{cp})^2$
1	0	-0,10	0,01	0,40	-0,01	0,0001
2	0,10	0	0	0,20	-0,21	0,0441
3	0,02	-0,08	0,0064	0,60	0,19	0,0361
4	0,22	0,12	0,0144	0,26	-0,15	0,0225
5	0,08	-0,02	0,0004	0,48	0,07	0,0049
6	0,12	0,02	0,0004	0,66	0,25	0,0625
7	0,12	0,02	0,0004	0,94	0,53	0,2809
8	0,16	0,06	0,0036	0,48	0,07	0,0049
9	0,26	0,16	0,0256	1,34	0,93	0,8649
10	0,20	0,10	0,01	0,60	0,19	0,0361
11	0,16	0,06	0,0036	0,36	-0,05	0,0025
12	0,14	0,04	0,0016	0,30	-0,11	0,0121
13	0,28	0,18	0,0324	0,30	-0,11	0,0121
14	0	-0,10	0,01	0,24	-0,17	0,0289
15	0	-0,10	0,01	0,42	0,01	0,0001
16	0,18	0,08	0,0064	0,58	0,017	0,0289
17	0,14	0,04	0,0016	0,34	-0,07	0,0049
18	0,02	-0,08	0,0064	0,26	-0,15	0,0225
19	0	-0,10	0,01	0,26	-0,15	0,0225
20	0,04	-0,06	0,0036	0,24	-0,17	0,0289
21	0,12	0,02	0,0004	0,10	-0,31	0,0961
22	0,02	-0,08	0,0064	0,40	-0,01	0,0001
23	0,04	-0,06	0,0036	0,20	-0,21	0,0441
24	0	-0,10	0,01	0,22	-0,19	0,0361
25	0,04	-0,06	0,0036	0,32	-0,09	0,0081
26	0	-0,10	0,01	0,26	-0,15	0,0225
27	0,06	-0,04	0,0016	0,32	-0,09	0,0081
28	0	-0,10	0,01	0,26	-0,15	0,0225
29	0,16	0,06	0,0036	0,52	0,11	0,0121
30	0,22	0,12	0,0144	0,44	0,03	0,0009
$\Sigma$	2,9	-0,10	0,2204	12,3	-0,153	1,771
Среднее значение $C_{cp}$	0,10			0,41		
Дисперсия $S^2$	0,0076			0,0611		
Стандартное отклонение $S$	0,0872			0,2471		
Коэффициент вариации $V$ , %	87,2			60,3		

Результаты эксперимента и расчетов позволяют сделать следующие выводы:

1. При расчете шихты для проб руды месторождения «Бараньевское» восстановительную способность проб можно не учитывать, т. к. при постоянной массе восстановителя (2 г) масса веркблеев будет находиться в допустимом интервале значений 30–35 г.

2. При анализе проб кварц-сульфидной руды месторождения «Кумроч» необходимо рассчитывать состав шихты для каждой пробы с учетом ее восстановительной способности, т. к. отклонение массы веркблея от оптимального значения (30 г) может достигать 33,5 г, что приведет к снижению технико-экономических характеристик анализа.

3. Необходимо разработать экспрессный и дешевый способ определения восстановительной способности проб кварц-сульфидных золотосодержащих руд, основанный на использовании органолептических характеристик проб [3–5].

### Литература

1. Швецов В.А. Химическое опробование золоторудных месторождений. – Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатГТУ, 2008. – 220 с.
2. Пробоотбирание и анализ благородных металлов. Справочник / Под ред. И.Ф. Барышникова. – М.: Металлургия, 1978. – 432 с.

3. *Швецов В.А.* К вопросу контроля степени тонкого измельчения лабораторных проб золотосодержащих руд первой группы / В.А. Швецов, О.А. Белавина, Н.В. Адельшина, Д.В. Шунькин, В.В. Пахомова // Вестник Камчатского гос. техн. ун-та.– Петропавловск-Камчатский, 2010. – Вып. 14. – С. 16–19.

4. *Белавина О.А.* Разработка новых методик контроля качества операции перемешивания тонкоизмельченных проб минерального сырья / О.А. Белавина, В.А. Швецов, В.В. Пахомова, Д.В. Шунькин // Вестник Камчатского гос. техн. ун-та.– Петропавловск-Камчатский, 2011. – Вып. 18. – С. 19–23.

5. *Швецов В.А., Белавина О.А.* К вопросу о контроле качества результатов анализа золотосодержащих руд // Вестник Камчатского гос. техн. ун-та. – Петропавловск-Камчатский, 2010. – Вып. 11. – С. 49–54.

УДК 553.411:546.5

Д.В. Шункин<sup>1</sup>, В.А. Швецов<sup>1</sup>, **В.П. Чичева<sup>2</sup>**, О.А. Белавина<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003

<sup>2</sup>ОАО «Камчатгеология»,  
Петропавловск-Камчатский, 683016  
e-mail: oni@kamchatgtu.ru

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ВАРЬИРОВАНИЯ МАССЫ НАВЕСОК В ПРОБИРНОМ АНАЛИЗЕ КВАРЦ-СУЛЬФИДНЫХ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД

В статье предложено использовать в рутинном пробирном анализе проб кварц-сульфидных руд метод варьирования навесок. Это позволяет снизить массу аналитической навески и необходимую массу свинцового сплава (веркблея). Использование веркблеев массой 5–16 г в пробирном анализе позволяет повысить в два раза экспрессность операции купелирования свинцовых сплавов и снизить расход электроэнергии.

**Ключевые слова:** кварц-сульфидные золотосодержащие руды, пробирный анализ, метод варьирования массы навесок.

D.V. Shunkin<sup>1</sup>, V.A. Shvetsov<sup>1</sup>, **V.P. Chicheva<sup>2</sup>**, O.A. Belavina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003

<sup>2</sup>JSC «Kamchatgeology»,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683016  
e-mail: oni@kamchatgtu.ru

## USING THE SAMPLE WEIGHT VARIATION METHOD IN THE ASSAY ANALYSIS OF QUARTZ-SULPHIDE GOLD-BEARING ORES

The article proposes to use the method of sample variation in the routine assay analysis of quartz-sulphidic ores. It allows to reduce sample weight and necessary weight of lead alloy (lead bullion). Using the lead bullions weighing 5–16 g in the assay analysis allows to raise twice the cupellation rapidness of lead alloys and to reduce the power consumption.

**Key words:** quartz-sulphide gold-bearing ores, assay analysis, sample weight variation method.

Известно [1], что для контроля правильности результатов анализа может быть использован метод варьирования массы навесок. Этим методом можно выявить такой источник систематической погрешности результатов анализа, как неполнота извлечения определяемого компонента из пробы при ее вскрытии. Необходимость использования данного метода в рутинном пробирном анализе обоснована в работах [2–4]. Авторы предлагают использовать метод варьирования навесок с целью повышения технико-экономических характеристик пробирного анализа кварц-сульфидных золотосодержащих руд. Для обоснования данного предложения анализировали партию проб, отобранных на одном из золоторудных месторождений Камчатского края. Подготовку проб к анализу выполнили с учетом результатов исследований [5–8]. Каждую пробу анализировали дважды по методике [9]. При первом определении золота и серебра в пробах использовали аналитические навески массой 25 г, при втором – навески массой 10 г. При втором определении содержания благородных металлов в пробах из состава шихты исключили восстановитель. Результаты определения золота в пробах приведены в таблице.

Результаты определения содержаний золота в пробах кварц-сульфидной руды

№ пробы	Интервал содержаний Au, г/т	I определение Au		II определение Au		$d_r, \%$	Норматив контроля 0,5 D <sub>r</sub> , %
		Масса Pb, г	C <sub>Au1</sub> , г/т	Масса Pb, г	C <sub>Au2</sub> , г/т	$\frac{2(C_1 - C_2) \cdot 100\%}{C_1 + C_2}$	
1	0,5–1,9	28,0	1,24	5,0	1,40	-12,1	62,9
2		27,0	1,00	10,0	1,10	-9,5	
3		27,2	3,24	11,0	2,90	11,1	
4		32,5	1,72	11,0	1,60	7,2	
5		33,5	1,16	12,5	1,10	5,3	
6		33,0	1,28	12,5	1,10	15,1	
7		25,0	0,92	13,0	0,90	2,2	
8		26,0	1,68	10,5	1,10	41,7	
9		34,5	1,88	16,0	2,20	-15,7	
10		32,5	1,20	13,0	1,00	18,2	
11		25,5	1,08	12,0	1,10	-1,8	
12		25,0	1,36	8,5	1,50	-9,8	
13		35,0	1,08	13,0	1,00	7,7	
14		36,0	1,00	8,0	0,80	22,2	
15		30,0	1,44	7,0	1,70	-16,6	
16		32,5	1,28	10,0	1,28	0	
Среднее значение		30,0	1,41	10,8	1,38	2,14	
1	2,0–4,9	27,0	3,24	11,0	2,90	11,01	41,9
2		30,0	2,08	10,5	1,50	31,9	
3		26,0	2,00	10,0	2,00	0	
4		27,0	2,80	12,0	2,50	11,3	
5		34,5	1,88	16,0	2,20	-15,8	
6		29,0	2,24	11,0	1,60	33,3	
7		34,0	2,76	14,0	3,30	-17,8	
8		35,5	2,12	14,1	2,50	-16,5	
Среднее значение		30,4	2,39	12,3	2,31	3,40	

Из результатов экспериментов, приведенных в таблице, следует, что снижение массы аналитической навески позволяет снизить необходимую массу свинцового сплава (веркблея). Использование веркблеев массой 5–16 г в пробирном анализе позволяет повысить в два раза экспрессность операции купелирования свинцовых сплавов и снизить расход электроэнергии.

Вывод. В рутинном пробирном анализе проб кварц-сульфидных руд целесообразно использовать метод варьирования навесок.

### Литература

1. Смагунова А.Н., Шмелева Е.И., Швецов В.А. Алгоритмы оперативного и статистического контроля качества работы аналитической лаборатории. – Новосибирск: Наука, 2008. – 60 с.
2. Швецов В.А., Пахомова В.В., Чичева В.П. Устранение факторов, влияющих на потери благородных металлов в тиглях пробирной плавки // Журнал аналитической химии. – 1988. – Т. 44. – № 6. – С. 1066–1068.
3. Швецов В.А. Химическое опробование золоторудных месторождений. – Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатГТУ, 2008. – 220 с.
4. Пахомова В.В. Об использовании метода варьирования массы навесок для контроля качества результатов пробирного анализа / В.В. Пахомова, В.А. Швецов, О.А. Белавина, Д.В. Шунькин, Н.В. Адельшина // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2012. – Т. 78. – № 6. – С. 64–65.
5. Белавина О.А. Разработка инновационной технологии подготовки проб золотосодержащего минерального сырья к анализу / О.А. Белавина, В.А. Швецов, Д.В. Шунькин, Н.В. Адельшина, П.А. Белозеров, В.А. Пахомов // Вестник Камчатского гос. техн. ун-та. – Петропавловск-Камчатский, 2013. – Вып. 24. – С. 5–10.

6. *Пахомова В.В.* Исследование влияния степени измельчения аналитических проб золото-содержащих руд на результаты определения золота атомно-эмиссионным методом / В.В. Пахомова, В.А. Швецов, О.А. Белавина, Н.В. Адельшина // Вестник Камчатского гос. техн. ун-та. – Петропавловск-Камчатский, 2013. – Вып. 23. – С. 37–40.

7. *Пахомова В.В.* О прогнозировании величины систематической погрешности результатов пробирного анализа / В.В. Пахомова, В.А. Швецов, О.А. Белавина, Д.В. Шунькин, Н.В. Адельшина // Вестник Камчатского гос. техн. ун-та.– Петропавловск-Камчатский, 2012. – Вып. 19. – С. 29–31.

8. *Швецов В.А., Белавина О.А.* К вопросу о контроле качества результатов анализа золото-содержащих руд // Вестник Камчатского гос. техн. ун-та. – Петропавловск-Камчатский, 2010. – Вып. 11. – С. 49–54.

9. *Пахомова В.В., Швецов В.А.* СТП 13-008-09 Стандарт предприятия. Определение золота и серебра в золотосеребряных рудах и продуктах их переработки пробирным методом. – Петропавловск-Камчатский: ОАО «Камчатгеология», 2010. – 17 с.

### Секция 3. НОВЫЕ ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 664.951:637.027

**О.В. Агеев, Ю.А. Фатыхов, Н.В. Самойлова**

*Калининградский государственный технический университет,  
Калининград, 236022  
e-mail: procyon@mail.ru*

#### **РАЗРАБОТКА МЕХАТРОННОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ РЕЗКИ РЫБНОГО ФИЛЕ НА ЛОМТИКИ**

Предложено мехатронное устройство для резки рыбного филе, содержащее, по меньшей мере, два дисковых ножа, которые установлены на роторе и снабжены приводами. В качестве приспособления для подачи филе использован снабженный приводом конвейер, в котором плоскостью подачи является лента, выполненная с перфорацией. Ротор закреплен на каретке с возможностью вращения от отдельного привода. Прижимное приспособление выполнено в виде связанной с вакуумным насосом камеры. Устройство снабжено прибором для получения видеоизображения филе и источником света, установленными над конвейерной лентой перед кареткой, а также вычислительным блоком. Улучшается качество нарезки рыбного филе и повышается производительность.

**Ключевые слова:** рыбное филе, устройство, видекамера, ломтик, дисковый нож, мехатроника.

**O.V. Ageev, Y.A. Fatykhov, N.V. Samoilova**

*Kaliningrad State Technical University,  
Kaliningrad, 236022  
e-mail: procyon@mail.ru*

#### **DEVELOPMENT OF MECHATRONIC DEVICE FOR SLICING FISH FILLET**

The mechatronic device for slicing fish fillet is proposed. It has at least two circular knives, which are mounted on the rotor and provided with drives. Provided with a drive the conveyor is used as a device for feeding fillet. The perforated strip of the conveyor is the plane of feeding. The rotor is mounted on the carriage and rotated by a separate drive. The pressing device is made in the form of a vacuum chamber connected with a pump. The device is provided with a device for receiving video of fillet and a light source which are mounted above the conveyor strip before the carriage. Also it is provided with a computing unit. The quality of cutting of fish fillet is improved and the productivity is increased.

**Key words:** fish fillet, device, videocamera, slice, circular knife, mechatronics.

В настоящее время одним из наиболее востребованных продуктов рыбной отрасли является обесшкуренное рыбное филе. Экономически выгодным является изготовление порционированного филе, нарезанного на ломтики. Наиболее привлекательными и доступными для потребителей являются ломтики филе, имеющие малую толщину и небольшую массу [1].

Исходным сырьем для изготовления филе-ломтиков является обесшкуренное рыбное филе, полученное при машинной разделке рыбы. Готовым продуктом являются ломтики рыбного филе, предназначенные для дальнейшей упаковки, охлаждения, транспортировки и реализации потребителю. Процесс резки филе на ломтики оказывает существенное влияние на качество и потребительские достоинства готового продукта. Резка филе вручную является очень трудоемким и травмоопасным процессом, в связи с чем необходимо соответствующее технологическое обо-

рудование – слайсеры. Таким образом, большое значение имеют технологические возможности, эффективность и качество работы оборудования для нарезки на ломтики рыбного филе [2].

Основными проблемами реализации процесса резки филе являются следующие [3]:

- обеспечение высокой точности разрезания филе на ломтики, имеющие привлекательный внешний вид, а также различные толщину и ширину, зависящие от вида рыбы;
- обеспечение высокого качества поверхности реза без выхватов мяса и неровностей.

Для изготовления ломтиков филе с заданными характеристиками (толщиной и шириной) исходное сырье должно разрезаться послойно. Это достигается путем выполнения наклонных разрезов под заданными углами к прямолинейному направлению перемещения сырья. При этом для обеспечения высокого качества поверхности ломтиков сила сопротивления резанию должна быть минимальной [4].

Недостатками известных устройств является резка рыбного филе на ломтики только одной заданной толщины. Во многих слайсерах выполняются только вертикальные резы, параллельные плоскости расположения дисковых ножей. Для изменения толщины ломтиков требуются демонтаж и замена ножевого вала. Кроме того, качество и скорость резания зачастую являются низкими, поскольку филе прижимается к дисковым ножам только под действием силы тяжести. В ряде машин цикл работы режущего инструмента включает холостой ход. Отсутствуют измерительные приспособления для получения информации о размерах филе.

Предлагаемое устройство решает задачи улучшения качества нарезки рыбного филе за счет снижения сил сопротивления резанию с одновременным улучшением прижима филе и возможности регулирования толщины ломтиков, а также повышения производительности за счет увеличения скорости нарезки филе режущим приспособлением с одновременным повышением скорости подачи.

Для достижения необходимого технического результата в устройстве для резки рыбного филе на ломтики, содержащем режущее приспособление с дисковым ножом и приспособление для подачи филе, установленные с образованием острого угла между дисковым ножом и плоскостью подачи, прижимное приспособление, каретку, в качестве приспособления для подачи филе использован снабженный приводом конвейер, в котором плоскостью подачи является перфорированная лента.

Режущее приспособление, содержащее, по меньшей мере, два дисковых ножа, установлено на роторе и снабжено приводом. Ротор закреплен на каретке с возможностью вращения от отдельного привода, причем каретка установлена над лентой конвейера с возможностью регулировки угла наклона относительно ленты конвейера.

Прижимное приспособление выполнено в виде связанной с вакуумным насосом камеры, расположенной под перфорированной лентой в конвейере под кареткой. Устройство дополнительно снабжено прибором для получения видеоизображения филе и источником света, установленными над конвейерной лентой перед кареткой, а также вычислительным блоком, который связан с приводами конвейера, ротора, дисковых ножей, прибором для получения видеоизображения филе, источником света и вакуумным насосом.

Наличие вычислительного блока, выполненного, например, в виде микроЭВМ, позволяет определить размеры, форму филе и линии рационального резания, а также сформировать управляющие воздействия на приспособление для подачи филе, режущее приспособление и прижимное приспособление. Программа вычислительного блока позволяет на основании полученной видеoinформации о размерах и форме филе формировать в процессе обработки каждого экземпляра автоматическое задание скорости подачи филе, скорости вращения ротора и дисковых ножей, а также определять оптимальные моменты включения вакуумного насоса для надежного прижима филе при резании.

Оси дисковых ножей перемещаются по дуге относительно филе, а плоскости ножей расположены под углом к направлению движения филе. Это существенно снижает силы сопротивления резанию и улучшает качество поверхности реза. Одновременное вращение дисковых ножей и перемещение их осей по дуге относительно филе обеспечивают режим скользящего резания, который наиболее эффективен с точки зрения энергозатрат и качества резания [5]. Это позволяет повысить скорость нарезки филе на ломтики, что повышает производительность, существенно снижает удельные нагрузки на ножи и затраты энергии.

На рис. 1 показан общий вид устройства со стороны вычислительного блока; на рис. 2 – общий вид без опорной рамы; на рис. 3 – общий вид со снятыми перфорированной лентой конвейера и режущим приспособлением. На схемах приняты следующие обозначения: 1 – конвейер; 2 – опорная рама; 3 – лента конвейера; 4 – отверстие ленты; 5, 6 – привод конвейера; 7, 8 – кронштейн; 9 – прибор для получения видеоизображения; 10 – источник света; 11 – вычислительный блок; 12, 13 – паз кронштейна; 14 – каретка; 15 – ротор; 16, 17, 18 – привод ножа; 19, 20, 21 – дисковый нож; 22 – привод ротора; 23 – вакуумный насос; 24 – вакуумная камера; 25 – полости вакуумной камеры; 26 – лоток; 27 – филе; 28 – ломтик.

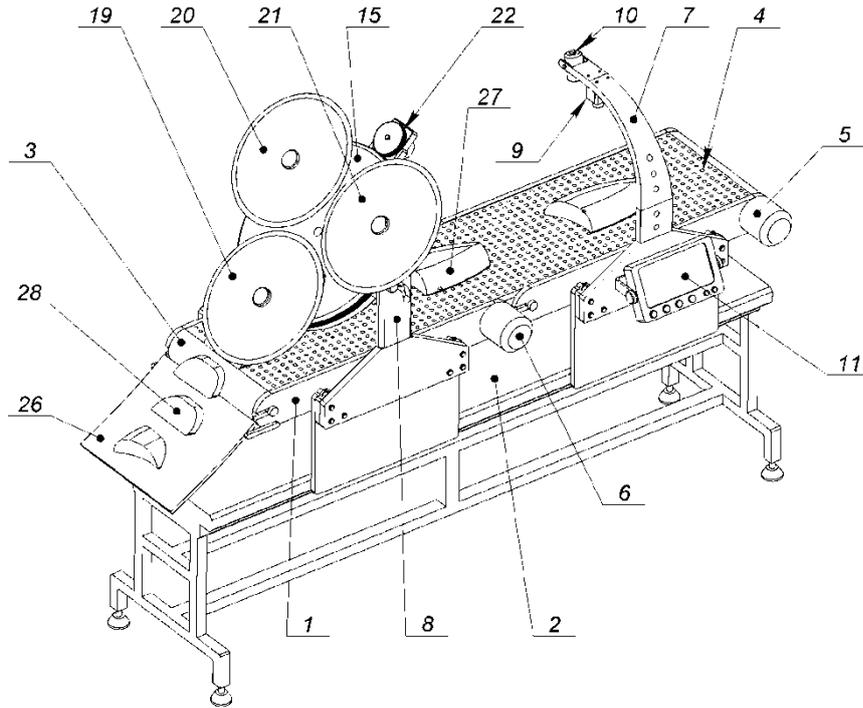


Рис. 1. Устройство для резки на ломтики рыбного филе, общий вид со стороны вычислительного блока

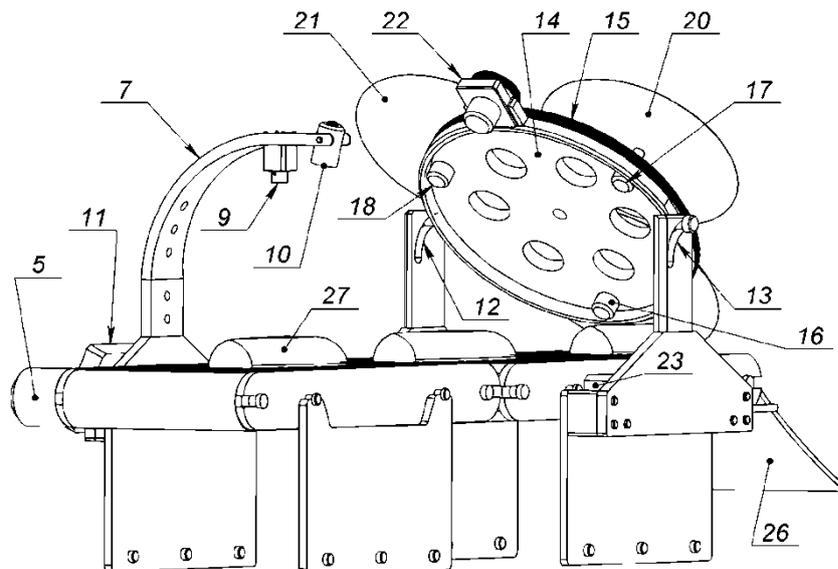


Рис. 2. Устройство для резки на ломтики рыбного филе, общий вид без опорной рамы

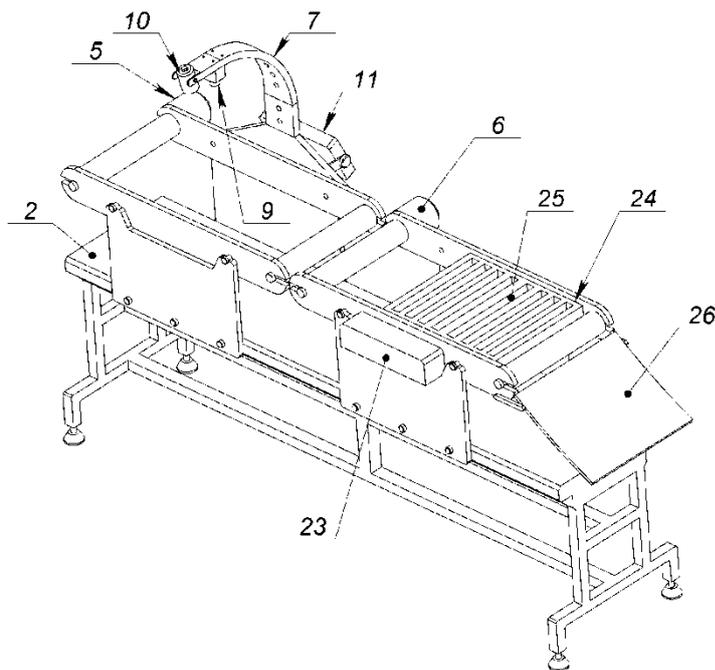


Рис. 3. Устройство для резки на ломтики рыбного филе, общий вид со снятыми перфорированной лентой конвейера и режущим приспособлением

В предлагаемом техническом решении введение прибора для получения видеоизображения филе и источника света позволяет передавать информацию о размерах и форме филе в вычислительный блок для расчета параметров рациональной нарезки филе при заданной толщине ломтиков. Улучшение качества готового продукта достигается за счет установки под углом к направлению перемещения филе приводимых во вращение дисковых ножей, поочередно осуществляющих скользящее резание.

Возможность регулировки угла наклона каретки с режущим приспособлением относительно ленты конвейера позволяет установить наилучший угол нарезки ломтиков в зависимости от консистенции сырья, что улучшает качество поверхности реза. Перемещение дисковых ножей ротором по дуге относительно филе с одновременным их вращением значительно снижает силы сопротивления резанию, что создает оптимальные условия резания и улучшает качество поверхности ломтиков.

Установка дисковых ножей на роторе, приводимом во вращение, существенно увеличивает производительность устройства, поскольку возрастает скорость нарезки ломтиков и полностью исключается холостой ход режущего приспособления. Использование вакуумной камеры и конвейера с перфорированной лентой позволяет надежно фиксировать филе во время резания и повысить скорость подачи филе, что также способствует улучшению качества ломтиков и увеличению производительности. Использование вычислительного блока, управляющего вращением ротора и дисковых ножей, а также подачей филе к ножам, позволяет осуществлять рациональную нарезку на ломтики заданной толщины при различных размерах и форме сырья.

Оператор выполняет предварительную регулировку угла нарезки в зависимости от консистенции филе, регулируя угол наклона каретки 14 путем ее перемещения и фиксации в дугообразных пазах 12 и 13 кронштейна 8. После этого оператор включает электропитание устройства и задает в вычислительном блоке 11 необходимую толщину ломтиков 28 филе. Вычислительный блок 11 подает команды запуска на приводы 5 и 6 конвейера 1, а также включает источник света 10 и прибор для получения видеоизображения 9. Филе 27 помещается на перемещающуюся ленту 3 конвейера 1 и передвигается лентой 3 в поле зрения прибора для получения видеоизображения 9. Скорость движения ленты 3 регулируется вычислительным блоком 11. При этом филе освещается источником света 10.

Прибор для получения видеоизображения 9 формирует видеокادر и передает видеоизображение филе 27 в вычислительный блок 11, который рассчитывает наилучшие параметры нарезки

в зависимости от заданной толщины ломтиков 28. Вычислительный блок 11 запоминает размеры филе 27 и отслеживает его перемещение на конвейере 1. Далее филе 27 перемещается по ленте 3 в сторону каретки 14. При подходе филе 27 к каретке 14 вычислительный блок 11 подает команду на вакуумный насос 23, который создает вакуум в полостях 25 вакуумной камеры 24. Поскольку в ленте 3 имеются отверстия 4, филе 27 присасывается к поверхности ленты 3 и надежно удерживается на ней во время движения ленты 3.

Вычислительный блок 11 подает команды запуска на привод 22 ротора 15 и на приводы 16, 17, 18 ножей 19, 20, 21. Дисковые ножи 19, 20, 21 и ротор 15 приводятся во вращение. Ротор 15 вращается со скоростью, которая регулируется вычислительным блоком 11, при этом толщина нарезки ломтиков 28 определяется скоростью подачи филе 27 лентой 3 и скоростью вращения ротора 15 с дисковыми ножами 19, 20, 21. При прохождении филе 27 под кареткой 14 вращающиеся дисковые ножи 19, 20, 21 поочередно срезают с филе 27 ломтики 28. При этом каждый дисковый нож срезает один ломтик, а за время полного оборота ротора 15 срезается три ломтика. Во время нарезки филе 27 подается под режущее приспособление лентой 3 и прижимается к ленте 3 вакуумной камерой 24 за счет вакуума, образованного в полостях 25 вакуумным насосом 23. Нарезанные ломтики 28 выводятся из устройства по лотку 26.

Таким образом, при использовании предлагаемого устройства обеспечиваются улучшение качества ломтиков и повышение производительности резки рыбного филе на ломтики. Как показывают промышленные исследования, увеличивается производительность при резке рыбного филе, а расход электроэнергии сокращается. Это позволяет обеспечить ресурсосбережение на производстве.

Устройство обеспечивает качественную резку рыбного филе на ломтики, что позволяет исключить трудоемкие операции ручной обработки, улучшить потребительские свойства готового продукта, а также сократить количество персонала на производстве.

### Литература

1. *Агеев О.В.* Совершенствование технологического оборудования для первичной обработки рыбы: опыт, проблематика, системный подход: Моногр. / О.В. Агеев, Ю.А. Фатыхов. – Калининград: Изд-во КГТУ, 2015. – 261 с.
2. *Агеев О.В.* Мехатронное устройство для резки рыбного филе с параллельной кинематикой / О.В. Агеев, Ю.А. Фатыхов // Инновационное развитие техники пищевых технологий: Материалы междунар. науч.-техн. конф. / ФГБОУ ВПО «Воронеж. гос. ун-т инж. технол.». – Воронеж: Изд-во ВГУИТ, 2015. – С. 311–318.
3. *Агеев О.В.* Разработка мехатронного устройства для порционирования рыбных продуктов на основе пространственного механизма параллельной структуры / О.В. Агеев, Ю.А. Фатыхов, К.В. Бабарькин // Известия Калининградского гос. техн. ун-та. – 2015. – № 39. – С. 65–76.
4. *Агеев О.В.* Разработка мехатронного устройства для резки рыбного филе на пласт / О.В. Агеев, Ю.А. Фатыхов, К.В. Бабарькин // Стандартизация, управление качеством и обеспечение информационной безопасности в перерабатывающих отраслях АПК и машиностроении: Материалы междунар. науч.-техн. конф. / ФГБОУ ВПО «Воронеж. гос. ун-т инж. технол.». – Воронеж: Изд-во ВГУИТ, 2015. – С. 354–362.
5. *Фатыхов Ю.А.* Математическая модель процесса резания рыбного филе дисковым ножом / Ю.А. Фатыхов, О.В. Агеев // Известия Калининградского гос. техн. ун-та. – 2007. – № 12. – С. 42–51.

УДК 664.644:635

**А.А. Аллерт, М.Н. Альшевская**

*Калининградский государственный технический университет,  
Калининград, 236000  
e-mail: marina.alshevskaya@klgtu.ru*

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОВОЩНЫХ МАСС НА КАЧЕСТВО  
И ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ДРОЖЖЕЙ  
ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ  
ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

В статье рассмотрена проблема необходимости расширения ассортимента хлебобулочных изделий и способ ее решения путем обогащения пищевых продуктов растительным сырьем. Представлены исследования, направленные на изучение влияния обогатителей растительного происхождения на подъемную силу и жизнеспособность дрожжевых клеток.

**Ключевые слова:** хлебобулочные изделия, обогащение, подъемная сила дрожжей.

**A.A. Allert, M.N. Alshevskaya**

*Kaliningrad State Technical University,  
Kaliningrad, 236000  
e-mail: marina.alshevskaya@klgtu.ru*

**INFLUENCE OF VEGETABLE MASSES ON QUALITY AND VIABILITY OF BAKERY  
YEAST IN THE PRODUCTION OF FUNCTIONAL BAKERY PRODUCTS**

The article deals with the problem of the need to expand the range of bakery products and the way to solve it by enriching foods with vegetable raw materials. The researches on the effect of plant enrichers on baking strength and viability of yeast cells are presented.

**Key words:** bakery products, enrichment, yeast baking strength.

Стремление россиян сделать свой рацион здоровым заставляет производителей задуматься о разработке и включении в свою линейку принципиально новых продуктов питания, так называемых эко-продуктов – по-настоящему натуральных, произведенных без использования консервантов, синтетических красителей, искусственных добавок, и с большим содержанием полезных ингредиентов и витаминов [1]. Спрос на такую продукцию велик, несмотря на то, что ее цена может в разы превышать стоимость обычных изделий.

Стратегия развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2020 года (утв. Распоряжением Правительства РФ от 17 апреля 2012 года № 559-р), разработанная с учетом «Основ государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года», также подчеркивает необходимость расширения производства «здоровых» продуктов питания, обладающих функциональными, лечебно-профилактическими, геронтологическими и другими специализированными свойствами [2].

Ежедневное повсеместное потребление хлеба позволяет считать его одним из важнейших продуктов питания, пищевая ценность которого имеет первостепенное значение.

Каждое современное хлебопекарное производство стремится к расширению ассортимента и созданию высококачественной продукции [2]. Однако решение этой проблемы невозможно без внедрения новых технологий и использования новых видов сырья [3].

Уже сейчас известны разработки хлебобулочных изделий, обогащенных продуктами переработки зерновых, масличных, плодово-ягодных культур. Активно используют различного вида овощные цукаты, а также порошки из тыквы, моркови, чеснока и других продуктов переработки растительного сырья [4, 5].

Перспективными видами растительного сырья, еще не полностью внедренными в технологию хлебобулочных изделий, но обладающими рядом преимуществ, могут рассматриваться овощные массы (свеклы, моркови и петрушки). Для обогащения хлебобулочных изделий целесообразно использование данных ингредиентов, поскольку предоставляется возможность не только обогатить продукт дефицитными компонентами, что в свою очередь позволит восполнить недостаток биологически активных веществ в пище, но и улучшить, «украсить» продукт, что, несомненно, привлечет внимание не только взрослых потребителей, но и детей.

Производство хлебобулочных изделий включает сложный цикл микробиологических и биохимических процессов, происходящих в тесте с момента смешивания муки с водой и заканчивающихся выпечкой [6]. Одним из наиболее важных технологических процессов является брожение теста, благоприятное протекание которого, несомненно, зависит от физиологического состояния и биохимической активности применяемых дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, способных сбраживать сахара с образованием спирта и диоксида углерода [6, 7].

От жизнеспособности и подъемной силы хлебопекарных дрожжей зависит структура полуфабрикатов, объем и форма готовых хлебобулочных изделий [8]. В связи с этим возникает необходимость изучения влияния растительных ингредиентов (масс моркови, свеклы, петрушки) на показатели качества хлебопекарных дрожжей, а именно подъемной силы и жизнеспособности дрожжевых клеток.

Исследования проводили на кафедре технологии продуктов питания Калининградского государственного технического университета.

Подъемную силу дрожжей определяли ускоренным методом по времени всплывания шарика теста, замешенного с добавлением обогатителей из расчета овощных масс на 7 г муки, в соответствии с методикой Пашенко [9].

Подъемная сила дрожжей характеризуется временем, прошедшим с момента опускания шарика в воду до момента его всплытия [9].

Полученные данные представлены в табл. 1.

Таблица 1

Влияние масс моркови, свеклы и петрушки на подъемную силу дрожжей

Образец	Значение показателя подъемной силы
Контроль	11 мин 20 с
С внесением свекольной массы	8 мин 00 с
С внесением морковной массы	8 мин 03 с
С внесением массы петрушки	9 мин 30 с

Согласно данным табл. 1, подъемная сила хлебопекарных дрожжей с внесением свекольной, морковной массы и массы петрушки увеличилась по сравнению с контролем на 3 минуты 20 с; на 3 мин 17 с и на 1 мин 50 с, соответственно, что связано с наличием большого количества питательных веществ (витаминов группы В, сахаров, минеральных веществ и др.) в овощных массах.

Влияние овощных масс на жизнеспособность дрожжей определяли микроскопированием окрашенных препаратов.

Для этого была поставлена серия опытов: в суспензию, изготовленную из прессованных дрожжей и воды при соотношении компонентов в массовых долях 1:3 из расчета расхода данной суспензии на 100 г муки, добавляли 3% обогатителей. Полученную смесь выдерживали в течение 120 мин при температуре 30°C, при этом каждые 30 мин определяли жизнеспособность дрожжевых клеток посредством микроскопирования с объективом 40 (суспензию помещали на предметное стекло, подсушивали и окрашивали 0,05%-ным водным раствором метиленовой сини).

Живые клетки окрашивались полностью, иллюстрация этого явления представлена на рис. 1.

На приведенном рисунке видны ярко окрашенные клетки, эти клетки являются жизнеспособными, т. е. продолжающими потреблять питательные вещества, выделять углекислый газ и другие продукты обмена, разрыхляющие опару и тесто.

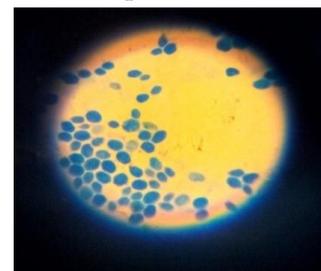


Рис. 1. Жизнеспособные и нежизнеспособные дрожжевые клетки

На рис. 2 представлено влияние овощных масс на динамику жизнеспособности дрожжевых клеток.

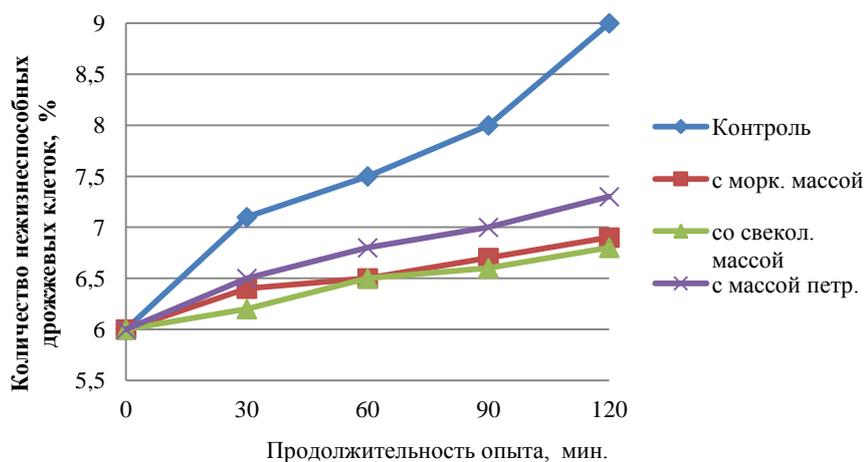


Рис. 2. Влияние овощных масс на жизнеспособность дрожжевых клеток

Рис. 2 свидетельствует о том, что динамика жизнеспособности дрожжевых клеток имеет в среднем общую закономерность. Однако через два часа выдержки количество нежизнеспособных дрожжевых клеток в контрольном образце значительно превзошло образцы со смесью, в которую вносились обогатители. Таким образом, реакция клеток в среде, содержащей растительные ингредиенты, приводит к снижению количества нежизнеспособных клеток.

Увеличение числа жизнеспособных дрожжевых клеток в суспензиях с овощными обогатителями связано со стимулирующим действием отдельных веществ, содержащихся в растительных ингредиентах, таких как сахара, витамины, минеральные вещества и другие, служащие дополнительным источником энергии для поддержания жизнедеятельности дрожжей.

Кроме того, содержащиеся в овощах калий, кальций и натрий, способны активировать ферменты, присутствующие в дрожжевой клетке, стимулирующие сбраживание сахаров – мальтозы и мальтотриозы, превращая их в спирт и углекислый газ, что в свою очередь влияет на скорость брожения теста [3, 9]. Таким образом, полученные данные свидетельствуют о целесообразности использования овощных масс моркови, свеклы и петрушки в качестве биостимулятора развития дрожжевых клеток, что безусловно окажет положительный эффект и на качество готовых изделий.

## Литература

1. Матвеева И.В. Хлебопекарная промышленность сегодня: меняются ли приоритеты // Хлебопродукты. – 2007. – № 10. – С. 2–5.
2. Основы государственной политики в области здорового питания до 2020 г. [Электронный ресурс]. – URL: <https://infofoodsupplements.ru/topic/181-osnovyi-gosudarstvennoy-politiki-v-oblasti-zdorovogo-pita-niya-do-2020g>
3. Иунихина Е.В. Совершенствование технологии хлебобулочных изделий для здорового питания на основе применения нетрадиционного сырья: Автореф. дис. ... канд. тех. наук. – М., 2015. – 24 с.
4. Борисенко Д.В. Овощные функциональные ингредиенты в технологии хлеба с повышенной микробиологической устойчивостью: Дис. ... канд. техн. наук. – Воронеж, 2014. – 155 с.
5. Исабаева И.Б. Пюре из пассированной тыквы в производстве сухарей // Хлебопечение России. – 2000. – № 4. – С. 30.
6. Дрожжи и их жизнедеятельность [Электронный ресурс]. – URL: <http://hlebinfo.ru/tema-13-hlebopekarnye-drozhzhi-vliyanie-usloviy-na-zhiznedeyatelnost-drozhzhey.html>
7. Застрогина Н.М. Хлебобулочные изделия геродиетического назначения / Н.М. Застрогина. – ФГОУ «ВГУИТ», 2015. – 199 с.
8. Пучкова Л.И., Поландова Р.Д., Матвеева И.В. Технология хлеба. – СПб.: ГИОРД, 2005. – 559 с.
9. Пащенко Л.П., Санина Т.В., Столярова Л.И. Практикум по технологии хлеба, кондитерских и макаронных изделий (технология хлебобулочных изделий). – М.: Колос С, 2007. – 215 с.
10. Роль дрожжей в хлебопечении [Электронный ресурс]. – URL: [http://revolution.allbest.ru/biology/00546436\\_0.html](http://revolution.allbest.ru/biology/00546436_0.html)

УДК 664.649:634.7(571.6)

**М.В. Благодравова, А.Э. Кузьмина**

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

### **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ КАМЧАТСКОГО КРАЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КАРАМЕЛИ**

В статье дана характеристика растительного сырья, перспективного при производстве карамели. Приведены результаты исследования органолептических показателей карамели, приготовленной с использованием ягодного сырья Камчатского края.

**Ключевые слова:** ягоды, карамель, вкус, запах, органолептические показатели, органометрия.

**M.V. Blagonravova, A.E. Kuzmina**

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

### **PROSPECTS FOR USING PLANT MATERIALS OF KAMCHATKA KRAI IN THE PRODUCTION OF CAMEL**

The article describes the characteristics of the berries promising in the caramel production, the study of organoleptic characteristics of caramel, made with using berry raw materials of the Kamchatka region.

**Key words:** berries, caramel, taste, smell, organoleptic characteristics, organometry.

На Камчатке произрастает огромное количество дикорастущих садовых растений и ягод, обладающих высокой биологической и пищевой ценностью за счет высокого содержания в них витаминов, органических кислот, минеральных веществ и др. Надо отметить, что промышленная добыча и переработка дикорастущих растений Камчатки ведется в крайне незначительных объемах. Перспективным направлением в технологии кондитерских изделий, в частности карамели, является использование растительного сырья Камчатского края.

Растительное сырье является богатым источником многих полезных веществ – фитоконпонентов, среди которых особо ценными считаются парафармацевтики, или минорные компоненты. К ним относятся биологически активные вещества с фармакологическим эффектом, благотворно влияющие на функции организма человека. Антисептические, фунгицидные, антиокислительные функции фитоконпонентов издавна использовались человеком при сохранении качества пищевых изделий. Фитоконпоненты за выраженную полифункциональность относят к барьерам комплексного действия [1].

В состав растительного сырья, экстрактов и препаратов на их основе входят эфирные масла, органические кислоты, алкалоиды, гликозиды, сапонины, кумарины, каротиноиды, фитонциды, флавоноиды, пищевые волокна, микроэлементы и множество вторичных метаболитов. Растительное сырье богато витаминами и витаминоподобными веществами. К витаминам-коферментам относятся В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>9</sub>, В<sub>5</sub>, В<sub>12</sub>, РР, биотин. Антиоксидантное действие оказывают витамины С, Е, а также каротиноиды (β-каротин, ликопин, лютеин) [2–7]. Растения содержат большой набор минеральных элементов. Бактериостатическими и бактерицидными свойствами обладают фитонциды. Они продуцируются некоторыми растениями, на их биосинтезе основан естественный иммунитет растений.

Введение в состав карамели нетрадиционных растительных культур и дикоросов Камчатки даст возможность не только создавать активные в биологическом отношении аминокислотные

комплексы, но и позволит оказывать значительное влияние на органолептические показатели, структурно-механические свойства продукции, ход реакций цветообразования, окисления, ферментации и др.

Кроме того, многие дикорастущие растения Камчатского края обладают бактериостатическим, бактерицидным, антиокислительным действием, что может оказать положительное воздействие на сохранение качества готовой продукции, а также позволит увеличить сроки ее годности.

Повышенное внимание специалистов к продуктам природного происхождения как к полифункциональным ингредиентам обусловлено их доступностью, возобновляемостью, экологической чистотой, относительной дешевизной, а также накопленной в течение столетий информацией о медицинском и фармацевтическом воздействии фитопрепаратов на организм человека.

Как известно, история карамели начинается с древних времен, когда индийские далиты жарили на огне стебли сахарного тростника и таким образом уже тогда могли наслаждаться неким подобием карамели. Популярной эта технология стала лишь в 14–16 веках. Первым совместил сладость карамели и полезность, но горечь некоторых трав немецкий фармацевт Карл Солдан в 1899 г. Его дочь наотрез отказывалась пить горькие микстуры, так появились целебные конфеты, типа нынешнего «стрепсилса» [8].

В наше время карамель занимает значительный объем производства среди сахаристых кондитерских изделий и пользуется большим покупательским спросом у всех возрастных групп населения. Карамель является одним из любимых среди потребителей всех возрастов продуктом, но в настоящий момент для нее свойственно низкое содержание витаминов и микроэлементов и, следовательно, речи о пользе данного продукта не идет. В современном производстве сырьем для массовых видов карамели являются сахар-песок и крахмальная патока, а также пищевые кислоты, ароматизаторы (эссенции) и красители.

Целью данной работы является разработка технологии карамели с повышенной биологической ценностью.

Основными задачами дальнейших исследований являются следующие:

- разработка рецептуры карамели;
- обоснование выбора растительного сырья;
- изучение качества продукции.

В качестве сырья для производства карамели использовали цельные ягоды брусники, клюквы и черной смородины.

*Брусника* обыкновенная произрастает по всей Камчатке, включая северные районы. В ягодах брусники содержится ряд важных в биологическом отношении веществ – сахара, органические кислоты, витамины, минеральные вещества, дубильные вещества. С точки зрения возможного использования ягод брусники в производстве карамели очень интересным является наличие в их составе инвертных сахаров, применяемых в качестве антикристаллизаторов [9]. Входящая в состав ягод брусники бензойная кислота проявляет антисептические свойства.

Ягоды *клюквы* содержат сахара, органические кислоты, пектины, витамины, минеральные вещества (фосфор, калий, кальций, марганец, железо, кобальт, цинк, медь, серебро, хром).

В *смородине* присутствуют бензойная и салициловая кислоты (3%), обладающие антимикробным действием. В минеральном составе смородины основную долю составляют соли калия и железа. Также в ягоде много витамина С (до 300–400 мг/100 г).

Для производства карамели воду, смешанную с сахаром, доводили до кипения. Для предотвращения процесса кристаллизации в смесь добавляли инвертный сироп, затем повторно доводили до кипения и снимали с огня. С целью максимального внесения всех присущих ягодам



Рис. 1. Карамель с ягодами

биологически активных веществ в карамель решено было использовать для производства целые ягоды. Следующим этапом было погружение и выдерживание ягод в карамели. В итоге получилась карамель с начинками из цельных ягод брусники, клюквы и смородины (рис. 1). Такой технологический прием позволил максимально сохранить в карамели все витамины и полезные вещества, присущие натуральным ягодам.

В полученной карамели проводили определение органолептических показателей (рис. 2). При проведении органолептической оценки продукта применяли нестандартный метод органомерии, основанный на балльных шкалах, а также профильный метод.



Рис. 2. Профилограммы органолептических показателей образцов карамели с ягодами

Как видно из рис. 2, все представленные образцы имеют положительные показатели вкуса, цвета, запаха и формы, наиболее высокие показатели были определены у образцов с брусникой и черной смородиной. Недостаточно хорошее состояние поверхности необходимо корректировать в ходе дальнейших исследований.

Порядковая балльная шкала для оценки органолептических показателей изделий приведена в таблице.

Таблица

Балльная шкала для оценки органолептических показателей образцов карамели с ягодами

Наименование показателя	Словесная характеристика баллов	Балл
Поверхность	Сухая, без трещин, вкраплений, гладкая	5
	Сухая, без трещин, с незначительными вкраплениями, гладкая	4
	Сухая, без трещин, с незначительными вкраплениями, шероховатая	3
	Сухая, присутствуют трещины, с незначительными вкраплениями, шероховатая	2
	Влажная, шероховатая, трещины, вкрапления	1
Форма	Соответствующая данному виду изделий, без деформации	5
	Соответствующая данному виду изделий, незначительная деформация	4
	Соответствующая данному виду изделий, отдельные экземпляры деформированы	3
	Значительная деформация	2
	Не соответствующая данному виду изделий	1
Цвет	Свойственный данному наименованию карамели. Окраска равномерная	5
	Свойственный данному наименованию карамели. Окраска не совсем равномерная	4
	Свойственный данному наименованию карамели. Окраска неравномерная	3
	В целом свойственный данному наименованию карамели. Окраска неравномерная	2
	Не свойственный данному наименованию карамели. Окраска неравномерная	1
Вкус и запах	Соответствующие данному наименованию, без посторонних привкуса и запаха	5
	Соответствующие данному наименованию, без посторонних привкуса и запаха, не совсем гармоничные	4
	Соответствующие данному наименованию, с посторонними привкусом и запахом	3
	Не соответствующие данному наименованию, с неприятными посторонними привкусом и запахом	2
	Не соответствующие данному наименованию, с порочащими посторонними привкусом и запахом	1

Полученные результаты свидетельствуют о том, что использование цельных ягод, произрастающих на территории Камчатского края, в технологии карамели позволяет получать продукт с высокими органолептическими показателями, что подтверждается результатами проведенной дегустационной оценки. Полученные данные позволяют рассчитывать на высокую востребованность данных изделий потребителем. С учетом высокой пищевой ценности ягодного сырья внедрение данной разработки в производство позволит использовать природные ресурсы Камчатского края, расширить ассортимент карамели, удовлетворить потребности населения в продуктах с высокой пищевой ценностью.

### Литература

1. Барьерная технология гидробионтов: Учеб. пособие / Г.Н. Ким, Т.М. Сафронова, О.Я. Мезенова и др. – СПб.: Проспект Науки, 2011. – 336 с.
2. Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений СССР. – М.: ГУГК, 1980. – С. 294.
3. *Морозкина Т.С., Мойсейенок А.Г.* Витамины: краткое руководство для врачей и студентов медицинских, фармацевтических и биологических специальностей. – Минск: ООО «Асар», 2002. – 112 с.
4. *Могильный М.П.* Пищевые и биологически активные вещества в питании. – М.: ДеЛи принт, 2007. – 240 с.
5. *Сметанин А.С., Богоявленский В.Ф.* Примечательные растения из природной флоры Камчатки. – Петропавловск-Камчатский: Дальпресс, 2000. – 212 с.
6. *Пилат Т.Л., Иванов А.А.* Биологически активные добавки к пище (теория, производство, применение). – М.: Аввалон, 2002. – 710 с.
7. Пищевая биотехнология: научно-практические решения в АПК: Моногр. / А.И. Жаринов, И.Ф. Горлов, Ю.Н. Нелепов и др. – М.: Вестник РАСХН, 2007. – 476 с.
8. История карамели [Электронный ресурс]. – URL: <http://priyatnogo-appetita.com/kulinarnyi-spravochnik/item/1380-istoriya-karameli.html>.
9. *Якубов В.В., Чернягина О.А.* Дикорастущие хозяйственно полезные растения Камчатки // Тр. Камчатского института экологии и природопользования ДВО РАН. – Вып. 1. – Петропавловск-Камчатский, 2000. – С. 259–279.

УДК 664.955.2:639.211

**А.А. Ефимов, М.В. Ефимова, Ю.В. Кузьмичев, Д.С. Урушадзе**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003;  
e-mail: efimoff-a@mail.ru*

### **ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ ОЗОНОМ НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ИКРЫ ЛОСОСЕВОЙ ЗЕРНИСТОЙ**

Приведены результаты исследования влияния обработки озоном на микробиологические показатели икры лосося зернистой в процессе ее приготовления. Показано, что применение озона позволяет значительно снизить КМАФАнМ полуфабриката на разных стадиях технологического процесса и, соответственно, микробную обсемененность готовой продукции.

**Ключевые слова:** икра лосося зернистая, порча, озон, микробиологические показатели, хранение.

**A.A. Efimov, M.V. Efimova, Y.V. Kuzmichev, D.S. Urushadze**

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

### **INFLUENCE OF OZONE TREATMENT ON MICROBIOLOGICAL INDICATORS OF GRAINED SALMON ROE**

Research results concerning the influence of ozone treatment on microbiological indicators of grained salmon roe in its preparation are given. It is shown that the use of ozone allows lowering considerably QMAFAnM (Quantity of Mesophilic Aerobic and Facultative Anaerobic Microorganisms) of a semifinished product at different stages of technological procedure and, respectively, a bacterial content of finished products.

**Key words:** salmon caviar, spoilage, ozone, microbiological indexes, conservation.

Одним из ценных видов продукции, вырабатываемой рыбной промышленностью Камчатки, является зернистая икра лососевых рыб.

Приоритетной задачей технологии лосося икры является обеспечение высокого качества готовой продукции, что возможно обеспечить, в первую очередь, лишь поддержанием допустимого уровня микробной обсемененности сырья и полуфабриката. На практике это обеспечивается применением консервантов. Однако применение ряда химических консервантов давно привело к серьезным проблемам как для рыбопромышленных компаний, так и для потребителей.

Современный потребитель, все больше внимания уделяющий вопросам здорового питания, предпочитает продукты без добавления консервантов. Так, при оценке отношения потребителей г. Петропавловска-Камчатского (520 человек) к качеству лосося зернистой икры определили, что присутствие консервантов в продукте интересует 22% респондентов. Как показал опрос, если бы в торговой сети была представлена икра, как с консервантами по менее высокой цене, так и без консервантов по более высокой цене, то большинство респондентов выбрало бы икру без консервантов, но с более высокими потребительскими свойствами (44%), а 13% респондентов отдали бы предпочтение икре с консервантами при более высоких потребительских свойствах (внешний вид, цвет, вкус, запах). Оказалось, что цена без учета потребительских свойств продукции слабо влияет на выбор: икре с консервантами в любом случае отдали бы предпочтение всего 3% респондентов, т. к. эта икра дешевле, а 40% в любом случае приобрели бы икру без консервантов, не опасную для здоровья [1].

Для обеспечения высокой хранимостности зернистой икры, приготовленной без консервантов-антисептиков, необходимо повышать ее соленость, что ведет к снижению гастрономических достоинств и делает продукт весьма не полезным для здоровья потребителей [2].

Проблема, связанная со снижением качества и безопасности икры лососевых рыб, несмотря на применение различных химических консервантов, в последние годы стала весьма серьезной. По данным Испытательной лаборатории «ВНИРО-ТЕСТ», в настоящее время на российском рынке реализуется более 50% икры лососевых рыб, опасной для здоровья и жизни людей [3].

Причин снижения качества и безопасности икры очень много, но основной является нарушение требований технологической инструкции при производстве и условий хранения икры.

В связи с вышесказанным возникла необходимость поиска способа обработки икры, обеспечивающего микробиологическую безопасность готовой продукции, не содержащей консерванты.

В ходе проведенных исследований была оценена возможность использования озона для снижения микробной обсемененности лососевой зернистой икры и, соответственно, для повышения ее качества. Согласно литературным данным, озон обладает уникальными бактерицидными свойствами, губителен практически для всех штаммов микроорганизмов [4]. Применяя обработку озоном, можно продлить сроки годности мяса, рыбы и полуфабрикатов [5].

Для проведения исследований заготавливали образцы икры в период летней путины в июле 2015 г. Сырьем для приготовления образцов являлась икра горбуши ястычная мороженая. В качестве контрольного образца изготавливали икру по ГОСТ 18173 «Икра лососевая зернистая баночная» в соответствии с Технологической инструкцией № 80 [6] (без обработки озоном). В качестве экспериментального образца готовили икру, проводя обработку полуфабриката на стадиях технологического процесса раствором озона.

Генерирование озона производили на универсальном озонаторе OZ-3. Концентрацию озона устанавливали 15–20 г/м<sup>3</sup>. Растворы готовили пропусканием озона через слой жидкости в течение 15 мин. Процессы озонирования и все процессы обработки икры озоном производили под действием местной вытяжной вентиляции с использованием средств индивидуальной защиты.

На последовательных стадиях технологического процесса определяли микробиологические показатели икры в соответствии с требованиями СанПиН 2.3.2.1078 (п. 1.3.4.5) [7]. Оценку проводили по показателю КМАФАнМ (количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов). Отбор проб, подготовку проб к микробиологическим анализам, проведение анализов осуществляли стандартными методами.

Для исследования влияния продолжительности обработки ястыков озоном на их микробиологические показатели на операции «мойка» использовали ястыки икры после размораживания. Мойку экспериментальных образцов ястыков осуществляли раствором озона. Озон растворяли в питьевой воде температурой 0–5°С, взятой из источников централизованного водоснабжения.

Влияние продолжительности обработки ястыков икры озоном на КМАФАнМ при технологической операции «мойка» представлено на рис. 1.

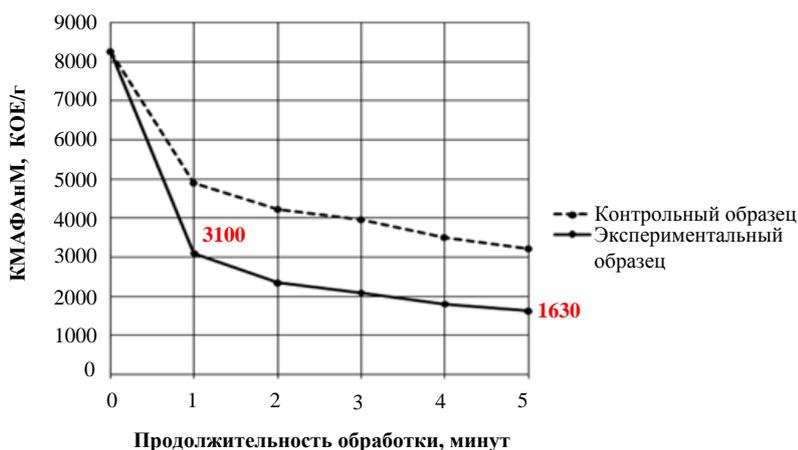


Рис. 1. Влияние продолжительности обработки ястыков икры озоном на операции «мойка» на КМАФАнМ

Как видно из рис. 1, минимальное значение КМАФАнМ – 1630 КОЕ/г – было достигнуто после 5 мин мойки ястыков раствором озона. Однако мойка проточным раствором озона в течение 5 мин приводит к нерационально большому расходу озона, требует наличия значительных мощностей для его генерации, но не дает существенного снижения обсемененности.

Поэтому оптимальной продолжительностью мойки была определена 1 мин. КМАФАНМ при этой продолжительности составило 3100 КОЕ/г.

Для исследования влияния продолжительности обработки ястыков икры озоном на их микробиологические показатели на операции «закрепление и охлаждение» использовали ястыки после мойки. Для закрепления и охлаждения озон растворяли в пресной воде температурой 0°C, охлаждая воду льдом. Пробы для определения КМАФАНМ отбирали с интервалом 5 мин.

Влияние продолжительности обработки ястыков икры озоном на величину КМАФАНМ при закреплении и охлаждении представлено на рис. 2.

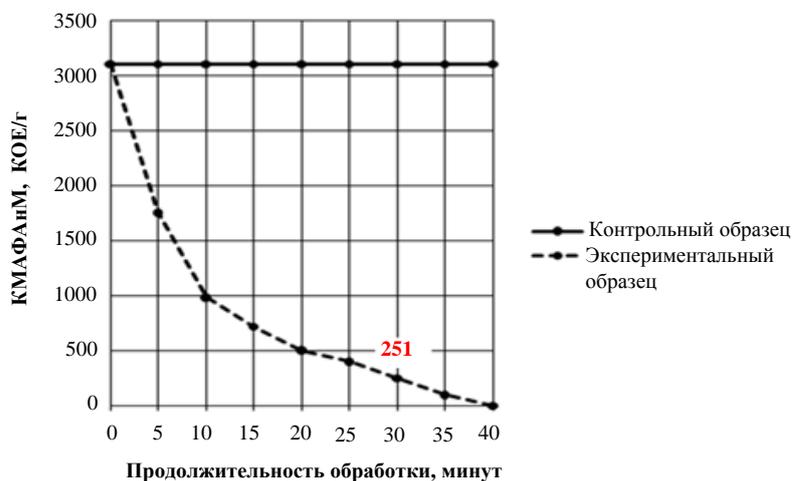


Рис. 2. Влияние продолжительности обработки ястыков икры озоном на операции «закрепление и охлаждение» на КМАФАНМ

Как видно из рис. 2, лучший показатель – нулевое значение КМАФАНМ – достигнут при озонировании в течение 40 мин и более. Однако после 30 мин озонирования наблюдали значительное набухание икры и ослабевание ее консистенции. Поэтому в качестве рациональной продолжительности озонирования при закреплении и охлаждении было выбрано время 30 мин.

При этом величина КМАФАНМ составила 251 КОЕ/г.

Для исследования влияния обработки икры озоном на ее микробиологические показатели на операции «пробивка» использовали ястыки икры после закрепления и охлаждения. Контрольный образец перед пробивкой характеризовался значением КМАФАНМ 3100 КОЕ/г. Экспериментальный образец – 251 КОЕ/г. Экспериментальный образец имел в своем составе остаточный озон. При пробивке образцы не обрабатывали озоном, но остаточный озон экспериментального образца продолжал оказывать антимикробное действие.

Из-за различных стартовых условий для контрольного и экспериментального образцов эффективность воздействия озона определяли в процентах по изменению показателя КМАФАНМ по сравнению с начальными значениями. Результаты исследования представлены в табл. 1.

Таблица 1

Влияние обработки озоном на КМАФАНМ икры лососевой на операции «пробивка»

Показатель	Контрольный образец	Экспериментальный образец
КМАФАНМ перед пробивкой, КОЕ/г	3100	251
КМАФАНМ после пробивки, КОЕ/г	7520	389
КМАФАНМ после пробивки, %	242,58	154,98

Как видно из табл. 1, процент увеличения КМАФАНМ экспериментального образца, равный 154,98, на 87,5 меньше, чем у контрольного образца. На операции пробивки за счет озона, сохранившегося в образце после закрепления и охлаждения, продолжалось его антибактериальное действие, как на уже имеющуюся микрофлору икры, так и на внешние загрязнения с оборудования, инвентаря, рук персонала.

Для исследования влияния обработки икры озоном на ее микробиологические показатели на операции «посол» использовали образцы после пробивки. КМАФАнМ контрольного образца перед посолом составляло 7520 КОЕ/г, экспериментального – 389 КОЕ/г. Экспериментальный образец содержал остаточный озон.

На операции «посол» экспериментальный образец обрабатывали раствором озона в растворе поваренной соли плотностью 1,2 г/см<sup>3</sup> температурой 8°С. Применяли прокипяченный и профильтрованный тузлук. Длительность посола составляла 12 мин и была определена по факту достижения в икре солёности 5%.

Из-за различных стартовых условий для контрольного и экспериментального образцов эффективность воздействия озона определяли в процентах по изменению КМАФАнМ по сравнению с начальными значениями. Влияние продолжительности обработки икры озоном на КМАФАнМ при посоле представлено на рис. 3.

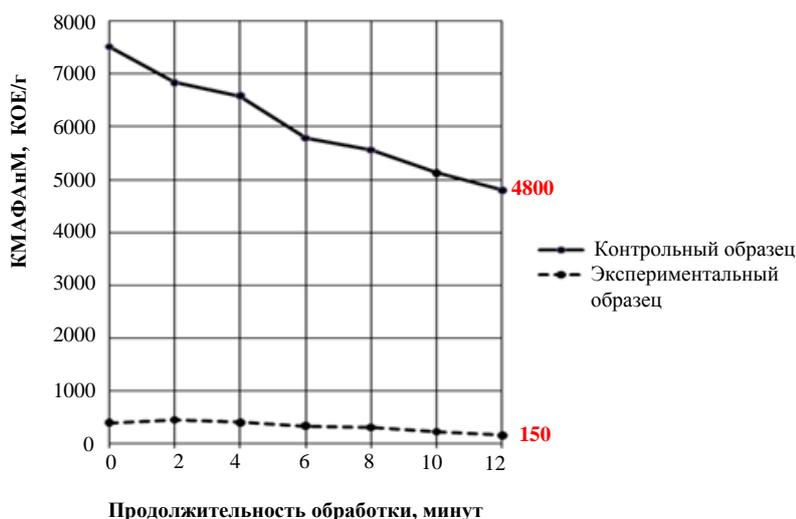


Рис. 3. Влияние продолжительности обработки икры озоном на операции «посол» на КМАФАнМ

Как видно из рис. 3, в контрольном образце во время посола КМАФАнМ снизилось на 36% (с 7520 до 4800 КОЕ/г), в экспериментальном образце, содержащем остаточный озон и обработанном солевым раствором озона, – на 61% (с 389 до 150 КОЕ/г).

Для исследования влияния обработки икры озоном на ее микробиологические показатели на операции «фасование» использовали икру после посола и стекания. КМАФАнМ контрольного образца перед фасованием составляло 8140 КОЕ/г, экспериментального – 150 КОЕ/г. Экспериментальный образец содержал остаточный озон.

При фасовании образцы не обрабатывали озоном, но остаточный озон экспериментального образца продолжал оказывать антимикробное действие. Из-за различных стартовых условий для контрольного и экспериментального образцов эффективность воздействия озона определяли в процентах по изменению КМАФАнМ по сравнению с начальными значениями. Результаты исследования представлены в табл. 2.

Таблица 2

Влияние обработки озоном на КМАФАнМ икры лососевой на операции «фасование»

Показатель	Контрольный образец	Экспериментальный образец
КМАФАнМ перед фасованием, КОЕ/г	8140	150
КМАФАнМ после фасования, КОЕ/г	8520	140
КМАФАнМ после фасования, %	104,66	93,3

Как видно из табл. 2, КМАФАнМ экспериментального образца при фасовании продолжало снижаться, в то время как в контрольном образце значение этого показателя выросло: остаточный озон экспериментального образца продолжал свое антибактериальное воздействие, как на собственную микрофлору икры, так и на внешние загрязнения с оборудования, из воздуха рабочей зоны, с рук персонала.

Результаты влияния озонирования на микробиологические показатели икры в процессе ее производства для наглядности сведены на графике (рис. 4).

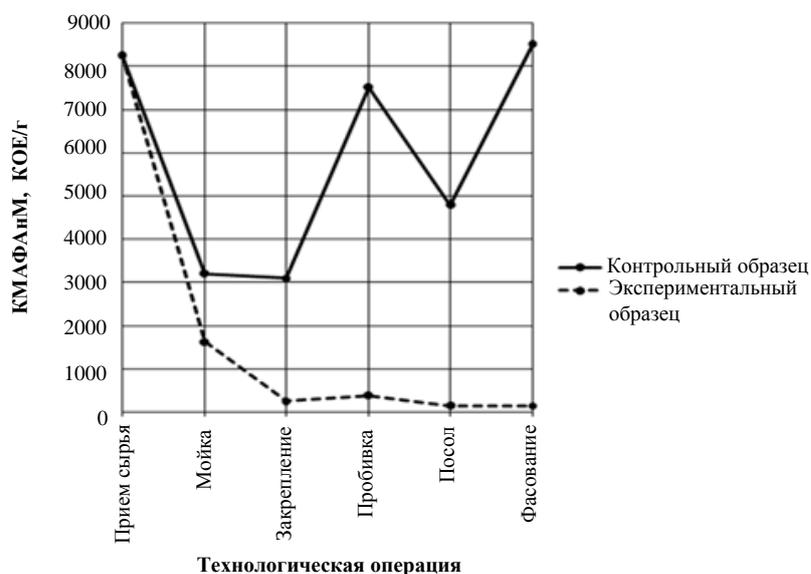


Рис. 4. Влияние обработки озонированием на КМАФАнМ икры лососевой в процессе ее производства

В соответствии с СанПиН 2.3.2.1078 [7], для икры, приготовленной из замороженных ястыков, значение КМАФАнМ не должно превышать  $1 \times 10^4$  КОЕ/г. Этот показатель для контрольного образца составил 8520 КОЕ/г. Значение КМАФАнМ экспериментального образца, обрабатываемого в ходе технологического процесса озонированием, составило 140 КОЕ/г.

Таким образом, применение озона в процессе производства позволяет значительно снизить КМАФАнМ полуфабриката и готовой продукции. В свою очередь, значительное уменьшение КМАФАнМ икры, обработанной озонированием, дает возможность существенно снизить микробиологические риски при производстве икры лососевой зернистой, что крайне важно для выпуска продукции высокого качества и повышения ее хранимостоспособности.

### Литература

1. Михайлова Е.Г., Ефимова М.В. Об осведомленности и отношении потребителей к пищевым добавкам в ресурсосберегающих технологиях продукции из водных биологических ресурсов // Рыбное хозяйство, 2016. – № 6. – С. 105–108.
2. Характеристика существующих технологий производства икры лососевой зернистой / М.В. Ефимова, А.А. Ефимов, Ю.В. Кузьмичев, А.Е. Смирнова, В.Ю. Сафин // 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. – С. 66–73.
3. Абрамова Л.С., Копыленко Л.Р. Проблемы качества и безопасности икры лососевых рыб // Рыбная промышленность, 2009. – № 1. – С. 4–5.
4. Пухлякова Г.Л. Устойчивость сальмонелл к озону // Сборник научных трудов ВНИИВСГЭ. – М., 1994. – С. 27–31.
5. Васильев Л.А. Технология обработки воды озонированием. – Горький: ГИСИ им. В.П.Чкалова, 1984. – 112 с.
6. Инструкция по изготовлению лососевой зернистой икры // Сборник технологических инструкций по обработке рыбы; Под ред. А.Н. Белогурова и М.С. Васильевой. – М.: КолосС, 2003. – Т. 2. – С. 379–391.
7. Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов: СанПиН 2.3.2.1078. – М.: Минздрав России, 2001. – 145 с.

УДК 664.95:637.04

**Е.С. Жукова, М.Н. Альшевская, В.И. Воробьев**

*Калининградский государственный технический университет,  
Калининград, 236022  
e-mail: mirkatt@mail.ru*

## **ИЗУЧЕНИЕ АМИНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА ВКУСОАРОМАТИЧЕСКОЙ ДОБАВКИ ИЗ КИЛЬКИ БАЛТИЙСКОЙ**

Обоснована актуальность разработки натуральных вкусоароматических добавок для производства малосоленых рыбных пресервов. Представлена добавка, состоящая из концентрированной смеси аминокислот, пептидов, полипептидов, накапливающихся в мышечной ткани рыбы в процессе созревания. Приведены результаты исследования аминокислотного состава вкусоароматической добавки; сравнение полученных данных с результатами определения аминокислотного состава других авторов. Подтверждено значение аминокислотного состава для формирования специфического аромата и вкуса соленой рыбы.

**Ключевые слова:** малосоленые пресервы, натуральная вкусоароматическая добавка (ВАД), гидролиз, аминокислотный состав

**E.S. Zhukova, M.N. Alshevskaya, V.I. Vorobev**

*Kaliningrad State Technical University,  
Kaliningrad, 236022  
e-mail: mirkatt@mail.ru*

## **STUDYING OF AMINO-ACID STRUCTURE OF BALTIC SPRAT FLAVOURING**

The relevance of development of natural flavoring additives for production of light-salted fish preserved food is provided. The additive consisting of a natural concentrated mixture of amino acids, peptides, polypeptides which accumulate in fish muscle tissue during ripening is considered. The amino-acid structure of the flavouring additive is researched. The obtained data and the results of determining the amino acid composition of other authors are compared. The importance of amino-acid structure for forming specific aroma and taste of salty fish is confirmed.

**Key words:** light-salted preserved food, flavouring additive, hydrolysis, amino acid composition.

В настоящее время в мире наблюдается тенденция к постоянному повышению потребления различных аддитивных веществ, одной из главных функций которых является улучшение органолептических свойств некоторых продуктов питания животного и растительного происхождения. Такие вещества содержатся в различных приправах. К группе приправ относятся и белковые гидролизаты. Производство их для пищевых целей направлено на приготовление продуктов, улучшающих вкус различных супов, соусов, салатов, мясных и овощных блюд и других изделий. Обработанные соответствующим образом белковые гидролизаты используются в медицинской практике, где они могут служить в качестве составляющих частей диет [1].

В зависимости от способа производства белковые гидролизаты подразделяются на кислотные, которые распространены в Европе, и ферментативные, характерные для стран Дальнего Востока. В качестве сырья для ферментативных гидролизатов преимущественно используются рыба (Вьетнам, Тайвань), соя (Корея, Китай), смесь сои и пшеницы (Япония), дрожжи (Европа) [1].

Человечество издревле обратило внимание на своеобразные свойства рыбного сырья, обусловленные наличием активных комплексов пептидгидролаз (КПП) мышечной ткани и внутренних органов, и стало широко их использовать при производстве различных продуктов питания из рыбы [2].

Как известно, в процессе созревания происходит гидролиз белковых компонентов рыбы под действием ферментов ее тканей и пищеварительного тракта. В результате сложного комплекса биохимических и физических превращений основных компонентов рыбного сырья продукт приобретает нежную консистенцию, специфический приятный аромат и вкус, своеобразный цвет мяса [2].

Предположительно, образование вкуса и аромата в соленой рыбе обусловлено реакциями синтеза между продуктами деградации компонентов мышечной ткани. Однако в настоящее время лишь косвенно подтверждаются эти предположения. В образовании вкуса и аромата участвуют такие продукты расщепления липидов, как летучие карбонильные соединения и низкомолекулярные жирные кислоты. На образование вкуса и аромата оказывают влияние и бактерии, например, молочнокислые, под действием которых образуются органические кислоты. Кислоты улучшают вкус и аромат соленой рыбы [3].

В состав белковых гидролизатов входит значительное количество летучих и нелетучих компонентов, влияющих на химический состав и органолептические свойства гидролизатов. Нелетучие представлены в основном свободными аминокислотами, содержание которых зависит от сырья и условий гидролиза, и хлоридом натрия [1].

Актуальным направлением является разработка добавки, состоящей из концентрированной смеси аминокислот, пептидов, полипептидов, накапливающихся в мышечной ткани рыбы в процессе созревания. Применение этой добавки позволит сформировать привычные потребителю вкусоароматические свойства соленого рыбного продукта без использования искусственных веществ.

Для определения содержания свободных аминокислот во вкусоароматической добавке и сравнения полученных данных с аналогами была проведена следующая работа.

Подготовленный образец фаршевой смеси кильки балтийской с содержанием массовой доли соли 10% помещали на термостатирование при температуре 50°C до получения оптимальных данных о созревании продукта [4]. Полученный автолизат центрифугировали, фильтровали и выпаривали на ротационном испарителе. Проводили определение аминокислотного состава по методике М-04-38-2009.

Полученный образец вкусоароматической добавки характеризовался сниженной активностью протеолитических ферментов (0,19 ед/мл), незначительной общей бактериальной обсемененностью (0,0025 кл/г · 10<sup>3</sup>). Отмечалась значительная глубина протеолиза – отношение небелкового азота к общему составило 81%. Соленость образца – 20,5%.

В результате определения аминокислотного состава получены данные, представленные в табл. 1.

Таблица 1

**Содержание свободных аминокислот во вкусоароматической добавке из кильки балтийской и индексы ароматичности**

Наименование аминокислоты	ВАД, мг%	Индекс ароматичности
Аргинин	960	–
Тирозин	210	–
Фенилаланин	450	–
Гистидин	370	19,20
Лейцин + Изолейцин	860	5,97
Метионин	370	12,33
Валин	650	5,22
Пролин	530	–
Треонин	650	2,37
Серин	700	4,52
Аланин	1090	19,94
Глицин	800	5,95
Аспарагиновая кислота + Аспарагин	1820	489
Глутаминовая кислота + Глутамин	2380	476
Лизин	1530	–
Цистин	200	–

Как видно из данных табл. 1, такие аминокислоты, как аспарагиновая, глутаминовая имеют наибольшие величины ароматического воздействия, также большое влияние на восприятие вкусоароматической добавки оказывают гистидин, метионин, аланин.

Полученные данные сравнимы с результатами определения аминокислотного состава других авторов (табл. 2, 3).

Таблица 2

**Содержание свободных аминокислот (мг%) в автолизате, гидролизате, рыбном пищевом концентрате (РПК) и во вкусоароматической добавке**

Наименование аминокислоты	ВАД из автолизата кильки балтийской, 11 сут, 10% соли, T = 50°C	Автолизат из кильки каспийской, 10 сут, T = 40°C, [5]	Автолизат кильки каспийской, 15% соли + ферментный препарат, 10 сут, T = 40°C, [6]	Рыбный гидролизат (фильтрат) из кильки каспийской, 7 сут, T = 40°C, [5]	Созревший фарш балтийской кильки, T = 60°C, [5]	РПК из кильки каспийской, 2 сут, 10% этилового спирта +10% воды, T = 50°C, [5]
Аргинин	960	62,0	440,0	770	46,6	62,3
Тирозин	210	29,0	162,0	380	111,0	31,5
Пролин	530		161,0		44,8	44,0
Фенилаланин	450	68,6	344,0	370	12,6	33,0
Гистидин	370	41,0	324,0	650	234,8	63,5
Лейцин + Изолейцин	860	69,6	236,0	2960	27,1	87,0
Метионин	370	60,0		1040	22,6	23,1
Валин	650	92,0	548,0	820		29,3
Треонин	650	70,0	200,0	640	10,6	11,6
Аланин	1090	77,0	202,0	1070	85,5	31,0
Глицин	800	27,0	115,0	260	5,0	22,7
Серин	700	70,0	154,0	450	11,5	25,7
Аспарагиновая кислота + Аспарагин	1820	50,0	174,0		9,6	19,4
Глутаминовая кислота + Глутамин	2380	55,0	109,0	1280	1,2	52,2
Лизин	1530	54,8	164,0	1300	40,8	50,7
Цистин	200	37,5	242,0			59,5

Таблица 3

**Содержание свободных аминокислот (мг%) в пресервах спецпосола, во вкусоароматической добавке и индексы ароматичности**

Наименование аминокислоты	ВАД из балтийской кильки	Ставрида, срок хранения 2 мес, [7]	Сельдь атлантическая, срок хранения 6 мес, [7]	Индекс ароматичности для ВАД	Индекс ароматичности* для сельди атлантической спец. посола, 6 мес, [7]
Аргинин	960	14,6	48,4	–	–
Гистидин	370	785	106,0	19,20	5,50
Лейцин + Изолейцин	860	14,4+31,4	37,5+85,3	5,97	0,19+0,94
Метионин	370	101,0	150,0	12,33	5,00
Валин	650	11,3	22,4	5,22	0,18
Пролин	530	10,3	49,6	–	–
Треонин	650	25,4	27,4	2,37	0,10
Серин	700	21,4	24,8	4,52	0,16
Аланин	1090	11,9	80,9	19,94	1,48
Глицин	800	26,4	21,5	5,95	0,16
Аспарагиновая кислота + Аспарагин	1820	10,3	24,5	489	6,61
Глутаминовая кислота + Глутамин	2380	17,2	48,1	476	9,62

\* вычисляется как отношение концентрации вещества в образце к пороговой концентрации распознавания вещества [7].

Скорости нарастания количества отдельных аминокислот различны и зависят от условий протеолиза. При автопротеолизе кильки медленно нарастает количество триптофана, глицина, цистина, цистеина и сравнительно быстро количество валина, фенилаланина, аланина, треонина, серина, аргинина, метионина, лейцина, изолейцина. Количество тирозина и глицина в начале автопротеолиза быстро нарастает, затем прирост их содержания снижается более резко, чем прирост других аминокислот.

Количественный состав отдельных свободных аминокислот у разных видов рыб различен и зависит от специфичности белковых веществ и специфического воздействия на них различного комплекса протеолитических ферментов (тканевых, пищеварительного тракта). Для исходного свежего фарша (без кишечника и с кишечником) всех видов рыб характерно повышенное количество свободного гистидина и следы свободного триптофана, цистина и цистеина [5].

Вышеуказанные данные свидетельствуют о том, что главным определяющим фактором созревания рыбного продукта и готовности его к употреблению является глубина протеолиза и количество образовавшихся низкомолекулярных продуктов ферментативного гидролиза [6].

Характер изменения и состава аминокислот меняется в зависимости от вида сырья и срока хранения пресервов [7].

В рассматриваемом образце ВАД отмечается повышенное содержание аминокислот в связи с более высокой концентрацией смеси, что приводит к насыщенному аромату и вкусу добавки в ее первоначальном виде.

Известны результаты изучения влияния аминокислот на четыре основных типа вкуса, полученные при моделировании вкусоароматических растворов. Увеличение концентрации раствора аминокислот приводит к уменьшению интенсивности кислого, горького вкуса, к увеличению интенсивности сладкого вкуса и наблюдается сложная зависимость для соленого вкуса, которую можно объяснить за счет синергического вклада аминокислот. Летучие вещества заметно изменяют восприятие вкуса, увеличивают интенсивность таких характеристик, как «горьковатый», «рыбный», «созревание» [7].

Таким образом, можно отметить зависимость полученных данных аминокислотного состава с результатами исследований других авторов и подтвердить их важность для формирования специфического аромата и вкуса соленой рыбы. Повышенное содержание аминокислот в образце ВАД позволит использовать вкусоароматическую добавку при производстве рыбной продукции в удобных низких дозировках.

### Литература

1. *Молин Р., Панек Я., Мияхара М.* Белковые гидролизаты в пищевых продуктах. – Мясные технологии. – М., 2007. – № 11(59). – С. 30–31.
2. *Шендерюк В.И.* Научные основы использования комплексов пептидгидролаз рыб в технологии рыбных продуктов / В.И. Шендерюк: Дис. ... д-ра техн. наук. – 1983. – 390 с.
3. *Технология рыбы и рыбных продуктов: Учеб. /Артюхова С.А., Баранов В.В. и др. / Под ред. А.М. Ершова. – М, 2010. – 1064 с.*
4. *Шендерюк В.И., Альшевская М.Н., Жукова Е.С.* Обоснование оптимальных параметров процесса гидролиза в технологии ВАД «Матисес»// Вестник Астраханского гос. техн. ун-та. Серия: Рыбное хозяйство. – 2013. – Вып. 3. – С. 169–176.
5. *Черногорцев А.П.* Переработка мелкой рыбы на основе ферментирования сырья / А.П. Черногорцев. – М, 1973. – 154 с.
6. *Лью Доан Тхи.* Исследование по технологии получения рыбного соуса из каспийской кильки: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 1972. – 30 с.
7. *Булычев А.Г., Загороднов В.П., Кузнецов И.С.* Изучение сенсорных свойств соединений, определяющих вкус соленой рыбы / Технология деликатесных малосоленых пресервов и копченой рыбы: Сб. науч. тр. – Калининград, 1991. – С. 110–118

УДК 664.66:582.272

**О.В. Мищенко, Н.С. Салтанова**

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

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТВАРА БУРЫХ ВОДОРОСЛЕЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

В статье доказано положительное влияние отвара водорослей на бродильную активность дрожжей, реологические свойства дрожжевого теста и качество готовых изделий из него. Приведены достоинства разрабатываемой технологии.

**Ключевые слова:** хлебобулочные изделия, бурые водоросли, тесто, бродильная активность, реологические свойства.

**O.V. Mishchenko, N.S. Saltanova**

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

### **USING BROWN ALGAE DECOCTION IN THE PRODUCTION OF BAKERY PRODUCTS**

The article proves the positive effect of the algae decoction on the activity of yeast fermentation, rheological properties of dough and quality of finished products. The advantages of the developed technology are given.

**Key words:** bakery products, brown algae, dough, fermentation activity, rheological properties.

Хлебобулочные изделия в России являются продуктом повседневного и массового потребления, поэтому их обогащение различными нутриентами (пищевыми волокнами, витаминами, минеральными веществами и другими физиологически функциональными ингредиентами) является целесообразным для повышения пищевого статуса человека [1–4]. Ингредиенты, входящие в рецептуру теста хлебобулочных изделий, должны не только повышать пищевую ценность готового продукта, но и оказывать положительное влияние на хлебопекарные свойства пшеничной муки, реологические свойства теста и качество готового продукта.

Ценным и доступным источником обогащения является растительное сырье Камчатского края, например, бурые водоросли. Водоросли семейства Laminariaceae – *Saccharina bongardiana* являются одними из самых массовых представителей бурых водорослей Камчатки, их запасы достаточно обширны в прикамчатских водах, а сами водоросли характеризуются высоким содержанием ценных веществ, в т. ч. значительным содержанием йода, способствующего профилактике йододефицитных состояний, наличием альгиновой кислоты, имеющей свойство выводить из организма тяжелые металлы, маннита, который способствует пищеварению и обладает диуретическим действием [5, 6].

Согласно технологической инструкции [7], при безопасном способе приготовления теста в дежу тестомесильной машины вливают воду, подогретую до температуры 35–40°C, сахар, соль, яйца, дрожжи, предварительно разведенные в воде с температурой не выше 40°C и процеженные, всыпают муку, все перемешивают в течение 7–8 мин. После этого вводят растопленный маргарин или сливочное масло и замешивают тесто до тех пор, пока оно не приобретет однородную консистенцию и будет легко отделяться от стенок дежи. Дежу закрывают крышкой и ставят на 3–4 ч для брожения в помещении с температурой 35–40°C. Когда тесто увеличится в объеме в 1,5 раза, производят обминку в течение 1–2 мин и вновь оставляют для брожения, в процессе которого тесто обминают еще 1–2 раза. Недостатком данной технологии является высокая продолжительность приготовления теста (3–4 часа).

Целью работы является совершенствование технологии хлебобулочных изделий, в рецептуру теста которых входит отвар бурых водорослей *Saccharina bongardiana*. Достоинствами разрабатываемой технологии являются повышение качества хлебобулочных изделий за счет улучшения технологических свойств теста и органолептических показателей, сокращение продолжительности брожения теста, рациональное использование водорослей [8, 9].

Для приготовления отвара сушеные бурые водоросли замачивали в воде на 30 мин. После приобретения водорослями гибкости их припускали в течение 90 мин (соотношение сушеных водорослей и воды 1:5). Полученный отвар сливали, охлаждали до 37°C и направляли на замес теста. Содержание сухих веществ в отваре составляло около 6%. Для проведения исследований использовали отвар водорослей с содержанием сухих веществ от 1,0% до 6,0%. Для получения необходимого содержания сухих веществ отвар, полученный приведенным выше способом, разбавляли водой до нужной концентрации сухих веществ. Содержание сухих веществ в водорослевом отваре определяли с помощью рефрактометра ИРФ-454 Б2М.

Тесто готовили по рецептуре, мас. %:

- мука пшеничная высшего сорта – 56,0;
- сахар-песок – 4,0;
- масло сливочное или маргарин – 6,0;
- яйцо – 6,0;
- соль поваренная – 0,7;
- дрожжи сухие – 0,7;
- отвар водорослей – 29,0.

Дрожжевое тесто готовили следующим образом. В емкость насыпали часть муки (50–60%), в муку добавляли сухие дрожжи, соль, сахар и перемешивали. Затем вносили яйца и вливали отвар водорослей температурой 35–40°C, все перемешивали. Затем постепенно добавляли оставшуюся муку и замешивали тесто. В конце замеса вводили растопленное сливочное масло и замешивали тесто до тех пор, пока оно не приобретет однородную консистенцию и станет легко отделяться от стенок емкости. Общая продолжительность замеса теста составляет 10 мин. Емкость закрывали крышкой и оставляли для брожения в камере с температурой 35–40°C. Когда тесто увеличивалось в объеме в 1,5–2 раза, производили обминку в течение 1–2 мин и вновь оставляли для брожения. В процессе брожения тесто подвергали обминке 2–3 раза. Общая продолжительность брожения – 2,0–2,5 ч.

Технологические показатели дрожжевого теста и изделий из него приведены в табл. 1. Подъемную силу дрожжей определяли по кислотности теста и объему выделившегося углекислого газа. Определение кислотности проводили стандартным методом в соответствии с ГОСТ 5670–96 «Хлебобулочные изделия. Методы определения кислотности». Определение скорости газообразования проводили путем замешивания в емкости опары на воде (контрольный образец) и на водорослевых отварах с различным содержанием сухих веществ (опытные образцы), добавляли к ней 40%-ный раствор глюкозы, тщательно перемешивали, набирали 1 см<sup>3</sup> исследуемой массы в одноразовый медицинский шприц, избегая образования пузырьков воздуха. Выдавливали остатки воздуха из шприца и герметично запаивали конец. Шприцы ставили в термостат при температуре 30°C и наблюдали за высотой подъема поршня в процессе выдерживания шприцев в термостате. По высоте подъема поршня определяли количество выделившегося CO<sub>2</sub>. Органолептическую оценку готовых изделий проводили экспертным методом по пятибалльной шкале, оценивая состояние мякиша, вкус и запах изделия. Пористость определяли стандартным методом в соответствии с ГОСТ 5669–96 «Хлебобулочные изделия. Метод определения пористости» на приборе Журавлева.

Таблица 1

**Технологические показатели дрожжевого теста и изделий из него в зависимости от содержания сухих веществ в водорослевом отваре и продолжительности брожения теста**

Показатель	Содержание сухих веществ в водорослевом отваре					
	0% (контрольный образец)	0,5%	1%	3%	6%	6%
Продолжительность брожения, ч	2,5	2,5	2,5	2,5	2	2,5
Кислотность теста, град.Н	2,4	2,5	2,6	2,6	2,6	2,8
Увеличение объема теста	в 2 раза	в 2,3 раза	в 2,3 раза	в 2,5 раза	в 2,3 раза	в 2,7 раз

Показатель	Содержание сухих веществ в водорослевом отваре					
	0% (контрольный образец)	0,5%	1%	3%	6%	6%
Объем выделившегося CO <sub>2</sub> (бродильная активность дрожжей), см <sup>3</sup>	4,7	4,8	4,8	5,2	3,2	5,5
Органолептическая оценка хлебобулочных изделий	мякиш пропеченный, но недостаточно разрыхлен, после легкого надавливания пальцами долго принимает первоначальную форму, пористость мелкая неравномерная, запах приятный, во вкусе присутствует мучнистый привкус	мякиш пропеченный, не влажный на ощупь, после легкого надавливания пальцами принимает первоначальную форму, с равномерной тонкостенной и мелкой пористостью, поры овальной формы, вкус и запах приятные	мякиш пропеченный, не влажный на ощупь, после легкого надавливания пальцами принимает первоначальную форму, с равномерной тонкостенной и мелкой пористостью, поры овальной формы, вкус и запах приятные	мякиш пропеченный, не влажный на ощупь, после легкого надавливания пальцами принимает первоначальную форму, с равномерной тонкостенной и мелкой пористостью, поры овальной формы, вкус и запах приятные	мякиш пропеченный, не влажный на ощупь, после легкого надавливания пальцами принимает первоначальную форму, с равномерной тонкостенной и мелкой пористостью, поры овальной формы, вкус и запах приятные	мякиш пропеченный, не влажный на ощупь, после легкого надавливания пальцами принимает первоначальную форму, с равномерной тонкостенной и мелкой пористостью, поры овальной формы, вкус и запах приятные
Общий балл после органолептической оценки	3,9	4,5	4,6	4,7	4,6	4,8
Пористость, %	72,8	77	79,4	81,9	81,3	82,1

Из данных табл. 1 видно, что водорослевой отвар оказывает положительное влияние на жизнеспособность дрожжевых клеток, увеличивая подъемную силу дрожжей и интенсифицируя процесс брожения теста, и на качество готовых изделий. При более высокой концентрации сухих веществ в водорослевом отваре наблюдаются более высокие показатели бродильной активности дрожжей. При этом можно отметить, что в образце с концентрацией сухих веществ 6% при продолжительности брожения 2 ч объем выделившегося углекислого газа составил всего 3,2 см<sup>3</sup>, что в 1,5–1,7 раз меньше, чем для образцов с любым содержанием сухих веществ, но временем брожения 2,5 ч. Остальные показатели теста и готового изделия в данном образце на достаточно высоком уровне, это объясняется улучшением технологических характеристик теста на начальном этапе тепловой обработки.

Водорослевой отвар, влияя на бродильную активность дрожжей и их жизнеспособность, способствует сокращению продолжительности технологического процесса, позволяя уменьшить энергозатраты за счет сокращения времени брожения теста, и получить хлебобулочные изделия с высокими органолептическими показателями. При этом использование отвара способствует рациональному использованию водорослевого сырья и повышению пищевой ценности готовых изделий. Оптимальное содержание сухих веществ в отваре 6%, а продолжительность брожения 2,5 ч.

Проводили также определение реологических показателей (предельного напряжения сдвига, липкости) дрожжевого теста с различным содержанием сухих веществ в водорослевом отваре. Липкость и предельное напряжение сдвига (ПНС) теста определяли на структурометре СТ-1М. Методика определения липкости основана на нагружении с помощью диска теста в течение определенного времени, а затем в установлении усилия отрыва диска от массы теста и расчете адгезионного напряжения (отношения усилия отрыва к площади диска). Методика определения ПНС основана на оценке усилия нагружения конуса при его внедрении на заданную глубину в пищевой продукт, установлении времени релаксации напряжений, возникших при его деформировании и расчете предельного напряжения сдвига.

В табл. 2 приведены данные по изменению показателей предельного напряжения сдвига и липкости теста в зависимости от содержания сухих веществ в водорослевом отваре и продолжительности брожения.

**Реологические показатели дрожжевого теста в зависимости от содержания сухих веществ в водорослевом отваре и продолжительности брожения**

Показатель	Продолжительность брожения, ч	Содержание сухих веществ в водорослевом отваре				
		0% (контрольный образец)	0,5%	1%	3%	6%
ПНС, кПа	0	11	11	11	12	12
	1	10	10	9	9	8
	2	9	8	8	7	6
	2,5	8	7	6	5	5
Липкость, Па	0	35	34	34	33	33
	2,5	31	28	26	23	23

Из данных табл. 2 можно сделать вывод, что при увеличении концентрации сухих веществ в отваре скорость снижения ПНС происходит более интенсивно, что свидетельствует о более интенсивном накоплении углекислого газа в тесте. Полученные данные коррелируют с данными табл. 1. Кроме того, липкость теста к концу процесса брожения ниже в образцах с большим содержанием сухих веществ в отваре. Это связано, очевидно, с влиянием отвара на качество клейковины муки – происходит укрепление клейковины муки. Укрепляющий эффект при внесении водорослевого отвара объясняется образованием межмолекулярных водородных связей при взаимодействии белков клейковины муки и полисахаридов водорослей, перешедших в отвар.

Свежесть хлебобулочных изделий в процессе хранения оценивали по изменению реологических свойств мякиша. Установлено, что мякиш опытных образцов в течение 72 ч имел высокую степень деформации, т. е. сохранял дольше свою свежесть по сравнению с контрольным образцом.

Таким образом, из приведенных исследований можно сделать вывод, что использование водорослевого отвара при приготовлении дрожжевого теста способствует улучшению технологических свойств теста – повышает бродильную активность дрожжей, улучшает реологические показатели, а также повышает качество хлебобулочных изделий по сравнению с контрольным образцом.

### Литература

1. Барановский А.Ю. Основы питания россиян: Справочник / А.Ю. Барановский, Л.И. Назаренко. – СПб.: Питер, 2007. – С. 78–301; 334–353.
2. Панов Д.П. Обогащение продуктов питания массового потребления // Пищевые ингредиенты, сырье и добавки. – 2007. – № 1. – С. 30–31.
3. Пашук З.Н., Анет Т.К., Анет И.И. Технология производства хлебобулочных изделий. – СПб.: ГИОРД, 2009. – 400 с.
4. Шилкина Е.П. Ингредиенты для хлебобулочных и мучных кондитерских изделий // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2007. – № 12. – С. 12–14.
5. Кизеветтер И.В., Суховеева М.В., Шмелькова Л.П. Промысловые морские водоросли и травы дальневосточных морей. – М.: Легкая и пищ. пром-сть, 1981. – 112 с.
6. Клочкова Н.Г., Березовская В.А. Водоросли Камчатского шельфа. Распространение, биология и химический состав. – Владивосток: Дальнаука, 1997. – 154 с.
7. Технологическая инструкция по производству пирогов, пирожков, пончиков. ТИ к ТУ 9119-017-10926000. Пироги, пирожки, пончики. Технические условия. – Киров: МУП КПЛ, 2003. – 33 с.
8. Благодрава М.В., Мищенко О.В. Исследование физико-химических показателей и пищевой ценности хлебобулочных изделий (пирожков печеных) с добавлением бурых водорослей // Вестник КамчатГТУ. – 2015. – № 33. – С. 18–21.
9. Мищенко О.В., Салтанова Н.С. Влияние водорослевого отвара на технологические характеристики дрожжевого теста и качество изделий из него // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование: Материалы VII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (22–24 марта 2016 г.): в 2 ч. / отв. за вып. В.И. Карпенко. – Ч. I. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2016. – С. 40–44.

УДК 664.778:664.941

**Д.В. Попкова, О.Н. Анохина**

*Калининградский государственный технический университет,  
Калининград, 236022  
e-mail: olga.anohina@klgtu.ru*

### **ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЧЕЧЕВИЦЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ МЯСНОГО ХЛЕБА**

В статье дается обоснование выбора чечевицы и ее характеристика, сравнение с другими бобовыми. Показаны результаты разработки рецептуры мясного хлеба с добавлением растительного компонента на основе расчетов и органолептической оценки. Сделан вывод о соответствии разрабатываемого продукта установленным требованиям по качеству и сбалансированности.

**Ключевые слова:** мясной хлеб, чечевица, растительный белок, сбалансированность, органолептические характеристики.

**D.V. Popkova, O.N. Anokhina**

*Kaliningrad state technical University,  
Kaliningrad 236022;  
e-mail: olga.anohina@klgtu.ru*

### **POSSIBILITY OF USING LENTIL IN PRODUCTION OF MEAT LOAF**

In the article reasons for the choice and the characteristic of lentil, its comparison with others bean are given. Results of development of a compounding of meat bread with addition of a vegetable component on the basis of calculations and organoleptic assessment are shown. The conclusion is drawn on compliance of the developed product to quality requirements and balance.

**Key words:** meat loaf, lentil, vegetable protein, balances, organoleptic characteristics.

В настоящее время население многих стран страдает от неправильного, неполноценного питания, обусловленного переизбытком и несбалансированностью диеты. Питание – основной фактор, определяющий физическое и умственное развитие, сопротивляемость человеческого организма отрицательным воздействиям, его трудоспособность, продолжительность жизни и т. д. Необходимость научного обоснования и предоставления людям информации о питании усугубляется двумя факторами: с одной стороны, научно-технический прогресс и вытеснение тяжелых физических нагрузок имеют своим следствием снижение подвижности и развитие тучности людей, с другой, – возникновение дефицита некоторых традиционных источников пищевого сырья, и особенно белкового, является толчком к созданию искусственных пищевых продуктов из нетрадиционного сырья [1].

Одним из перспективных источников высокобелкового сырья являются бобовые культуры. Химический состав некоторых бобовых приведен в табл. 1.

*Таблица 1*

**Химический состав зернобобовых [2], %**

Продукт	Вода	Белки	Жиры	Моно- и дисахариды	Крахмал	Клетчатка	Зола
Соя	12,0	34,9	17,3	5,7	43,5	4,3	5,0
Чечевица	14,0	24,0	1,5	2,9	39,8	3,7	2,7
Маш	14,0	23,5	2,0	3,8	42,4	3,8	3,5
Фасоль	14,0	21,0	2,0	3,2	43,4	3,9	3,6
Горох	14,0	20,5	2,0	4,6	44,0	5,7	2,8
Нут	14,0	20,1	4,3	3,2	43,2	3,7	3,0

Из табл. 1 видно, что на первом месте по содержанию белка стоит соя (34,9%), на втором месте – чечевица (24,0%). Соя (лат. *Glycinemax*) – однолетнее травянистое растение семейства Бобовые. Соя – противоречивый продукт. Мы знаем о ее исключительной пользе: способствует снижению холестерина, потере веса, предупреждает появление рака груди. Вместе с тем существует точка зрения, согласно которой положительные качества сои – не более чем рекламный трюк и соя вредна для здоровья: создает риск заболеть болезнью Альцгеймера, остеопорозом, некоторыми видами рака, приводит к гормональным проблемам и некоторым другим негативным результатам.

Для России представляет интерес чечевица, известная здесь более 500 лет и являющаяся традиционным продуктом. Чечевица (лат. *Lens*) – род травянистых растений семейства Бобовые. Чечевица содержит большое количество белка, который легко усваивается организмом. Содержание триптофана в белке чечевицы, как и у других бобовых, достаточно высокое. Чечевица не имеет большого количества жировых компонентов, которые характерны для мясных продуктов, а потому она гораздо лучше переваривается и усваивается нашим организмом. Это полезное свойство чечевицы высоко ценится приверженцами здорового образа жизни, а потому чечевица широко используется в рационе питания вегетарианцев, веганов, сыроедов. Она нормализует показатели уровня глюкозы в крови. Продукт имеет низкий гликемический индекс и включает в себя сложные углеводы, следовательно, его употребление позволяет препятствовать резкому спаду энергии и поддерживать стабильный уровень сахара в крови [2, 3].

Чечевица отличается высоким содержанием минеральных веществ – кальция, калия, фосфора, железа, имеет в составе марганец, медь, молибден, бор, йод, кобальт, цинк; содержит Омега-3 и Омега-6 жирные кислоты, а также является источником витаминов группы В [2, 3].

Даже после тепловой обработки чечевица сохраняет достаточно много полезных свойств. По своим питательным свойствам чечевица может заменить хлеб, крупы и в значительной мере мясо [3, 4].

Маш (лат. *Vignaradiata*) – также растение; вид рода Вигна семейства Бобовые. Маш является зернобобовой культурой, которая по содержанию белка находится на третьем месте (23,5%).

Рынок Калининградской области представлен различными видами колбасных изделий, но такой продукт, как мясной хлеб, не выпускается ни одним предприятием области. Поэтому исследования, направленные на разработку рецептуры и изучение потребительских свойств мясного хлеба с растительными компонентами, являются актуальными.

Исходя из анализа бобовых культур, разрабатываемым продуктом принят мясной хлеб с добавлением чечевицы, обладающей хорошими технологическими свойствами и являющейся физиологически ценным компонентом.

За основу взята рецептура мясного хлеба «Ветчинный», в состав которого входят такие компоненты, как свинина полужирная, говядина I сорта, мука пшеничная [5, 6].

С помощью программы для моделирования рецептур продуктов питания Generic 2.0 производился расчет рецептуры основных компонентов проектируемого продукта.

В результате моделирования получили две базовые рецептурные композиции. Выбор рецептуры производился из вариантов, распределенных по значению обобщенного показателя функции желательности Харрингтона.

Итоговая рецептура разрабатываемого мясного хлеба имела значение функции желательности 0,876 при содержании говядины 37,5% и свинины полужирной – 62,5%.

Количество добавляемой в мясной хлеб чечевицы определялось двумя критериями: оптимальным соотношением животных и растительных белков в готовом продукте и органолептическими показателями, определяемыми при дегустационной оценке образцов.

По данным ФАО, норма потребления белка составляет 12–15% общей калорийности суточного рациона человека, или 90–100 г, в т. ч. при оценке сбалансированности белков 55% из них должно приходиться на белки животного происхождения и 45% – на белки растительного происхождения [7]. В соответствии с этим критерием количество добавляемой чечевицы должно быть 30%.

Для определения органолептических характеристик разрабатываемого продукта было предложено несколько рецептур мясных хлебов с разным содержанием чечевицы. Состав основного сырья в предлагаемых рецептурах представлен в табл. 2.

Рецептура основного сырья мясных хлебов

Компонент	Номер рецептуры				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
Свинина	61,25	55,00	48,75	42,50	36,25
Говядина	36,75	33,00	29,25	25,50	21,75
Мука пшеничная	2	–	–	–	–
Мука рисовая	–	2	2	2	2
Чечевица	–	10	20	30	40

В результате проведенной дегустационной оценки образцов было определено следующее:

- с возрастанием количества чечевицы консистенция мясного хлеба становится более крошливой и рыхлой; но у образца № 4 консистенция еще достаточно сочная и мягкая;
- вкус мясного хлеба меняется с увеличением дозировки чечевицы, и в образце № 5 уже был ярко выражен вкус бобовых.

Таким образом, в результате дегустационной оценки выявлено, что наиболее свойственные готовому продукту органолептические характеристики имеет продукт, приготовленный по рецептуре № 4 с содержанием чечевицы 30%.

Исходя из результатов проделанной работы, можно сделать вывод о том, что мясной хлеб с заменой части сырья чечевицей обладает хорошими органолептическими показателями и соответствует требованиям сбалансированности продукта по соотношению белков животного и растительного происхождения.

### Литература

1. *Рогов И.А.* Химия пищи / И.А. Рогов, Л.В. Антипова, Н.И. Дунченко. – М.: Колос С, 2007. – 853 с.
2. Химический состав пищевых продуктов. Кн. 2 / Под ред. И. М. Скурихина, В.А. Шатерникова. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1987. – 360 с.
3. Чечевица [Электронный ресурс]. – URL: <http://edaplus.info/produce/lentil.html>.
4. Справочник химика. Том 1 / Под ред. Б. П. Никольского. – Л: Химия, 1966. – 918 с.
5. Сборник рецептов мясных изделий и колбас / Сост. К.П. Юхневич. – СПб.: Профессия, 2001. – 406 с.
6. ГОСТ Р 52196-2011 Изделия колбасные вареные. Технические условия. – М., 2011. – 34 с.
7. *Голубев В.Н.* Пищевые и биологически активные добавки / В.Н. Голубев, Л.В. Чичева-Филатова, Т.В. Шленская. – М.: Издат. центр «Академия», 2003. – 208 с.

УДК 637.146:637.07

**О.И. Разгуляева, О.Я. Мезенова**

*Калининградский государственный технический университет,  
Калининград, 236022  
e-mail: razgulyaeva93@mail.ru*

### **МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ БЕЗОПАСНОСТИ ГЕРОДИЕТИЧЕСКОГО КИСЛОМОЛОЧНОГО НАПИТКА «БИОМИКС»**

В статье показана значимость создания высококачественной функциональной продукции геродиетического назначения на кисломолочной основе, обогащенной источниками натуральных биологически активных веществ. Представлены результаты микробиологических исследований используемого сырья и разработанного геродиетического кисломолочного напитка. Обоснован и установлен срок годности готового напитка.

**Ключевые слова:** микробиологическая безопасность, геродиетическое питание, пищевая добавка «Биошуппе», срок годности.

**O.I. Rasgulyaeva, O.Y. Mezenova**

*Kaliningrad State Technical University,  
Kaliningrad, 236022  
e-mail: razgulyaeva93@mail.ru*

### **MICROBIOLOGICAL SAFETY ASPECTS OF GERODIETETIC DAIRY BEVERAGE «BIOMIKS»**

The article shows the importance of creating high-quality functional gerodietetic products. The results of microbiological tests of developed gerodietetic dairy beverage and raw materials are presented. The estimated shelf life of the finished specialized beverage is substantiated and established.

**Key words:** microbiological safety, gerodietetic food, food additive «Bioshuppe», shelf life.

#### **Введение**

В соответствии с Комплексной программой развития биотехнологии в Российской Федерации на период до 2020 г. актуальным сегодня является проектирование и изготовление функциональных пищевых продуктов, благотворно воздействующих на физиологические процессы в организме. Для создания таких продуктов рационально обогащать базовые пищевые изделия функциональными пищевыми ингредиентами, заданные биологические эффекты которых подтверждены. При этом особое внимание должно уделяться созданию продуктов, обладающих антистрессовыми, адаптогенными, тонизирующими, стимулирующими и радиопротекторными свойствами.

Одним из своевременных вопросов пищевой биотехнологии является разработка специализированной продукции геродиетического назначения, ассортимент которой на сегодняшний день ограничен. Необходимость расширения ассортимента таких продуктов связана с увеличением численности пожилых людей в структуре населения, а также с нарушениями основных функциональных систем организма, сопровождающих процесс старения.

Приоритетное место среди геродиетических продуктов принадлежит кисломолочным напиткам. Отличительной особенностью этих продуктов является наличие молочнокислых бактерий, которые, попадая в толстый кишечник, создают в нем слабокислую среду, обуславливают в нем бактериостатический и антибиотический эффекты, препятствуют развитию патогенной и гнилостной микрофлоры. Кроме того, благодаря содержанию молочной кислоты и углекислого газа, кисломолочные продукты эффективно утоляют жажду, повышают аппетит, улучшают перистальтику кишечника, т. е. обуславливают физиологические эффекты, показанные пожилому человеку [1].

В последнее время увеличилось число инфекционных заболеваний, источником которых являются пищевые продукты, в т. ч. молоко и кисломолочные продукты. Получение доброкачественной в микробиологическом отношении продукции является первостепенной целью при производстве продуктов питания, а особенно новой специализированной продукции. В значительной степени микробиологическую безопасность готовой продукции обеспечивают не только санитария производства и четко организованный санитарно-микробиологический мониторинг, но, прежде всего, химический состав и первичная микрофлора используемого основного и вспомогательного сырья, а также технология его преобразования в готовый продукт, обуславливающие в комплексе его стойкость при хранении.

Целью исследований явилось подтверждение соответствия разработанного геродиетического кисломолочного напитка микробиологическим требованиям, установленным нормативно-правовой документацией, и обоснование срока годности продукта.

### Объекты и методы исследования

Объектом исследования являлся новый вид геродиетической продукции – кисломолочный напиток «БИОМИКС», предназначенный для употребления в рационах пожилых людей. Он также рекомендуется к употреблению людям, занимающимся тяжелым физическим трудом, поскольку содержит биологически активные вещества, поддерживающие и регенерирующие опорно-двигательный аппарат, способствующие укреплению иммунной и других физиологических систем организма человека.

Данный продукт выступает как источник ценных для организма незаменимых и заменимых аминокислот, минеральных веществ (особенно кальция и фосфора), витаминов и пищевых волокон. Богатый химический состав нового спроектированного кисломолочного напитка обеспечивается за счет обогащения традиционного кисломолочного напитка функционально значимыми компонентами.

В качестве обогащающих источников использовали пищевую добавку «Биошуппе», представляющую собой тонкоизмельченную, предварительно обработанную и высушенную чешую сардины и сардинеллы, и ягоды местного региона – свежие и мороженые ягоды черной смородины и черноплодной рябины.

Для приготовления образцов кисломолочного напитка «БИОМИКС» использовали пастеризованное молоко по ГОСТ 32922-2014, молоко сухое обезжиренное по ГОСТ Р 52791-2007, ягоды черной смородины и черноплодной рябины замороженные по ГОСТ Р 53956-2010, пищевую добавку «Биошуппе» по ТУ 9283-001-48752993-2014, закваску «Бифидонорм» по ТУ 9229-001-59134888-12.

Кисломолочный напиток готовили из пастеризованного молока с внесенной пищевой добавкой «Биошуппе», сквашиваемого симбиотической закваской, состоящей из *Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, а также пяти видов бифидобактерий, с выдержкой в течение 7 часов при температуре 38°C. После сквашивания в готовый напиток вносили обогащенный ягодный наполнитель [2].

Рецептура обогащенного кисломолочного напитка «БИОМИКС» была оптимизирована ранее с применением метода математического моделирования. Параметрами оптимизации выступала органолептическая оценка образцов и регламентированные уровни функциональности продукта (табл. 1) [2].

Таблица 1

Рецептура обогащенного кисломолочного напитка «БИОМИКС»

Ингредиент	Содержание, г в 100 г
Молоко	84,0
Сухое молоко	4,0
Ягоды черной смородины	8,0
Ягоды черноплодной рябины	2,0
Пищевая добавка «Биошуппе»	1,0
Сахар-песок	0,9
Закваска «Бифидонорм»	0,1

Для производства безопасного в микробиологическом отношении кисломолочного напитка необходимо использовать высококачественное основное и вспомогательное сырье, которое

должно по микробиологическим показателям соответствовать требованиям, установленным действующей нормативно-правовой документацией: ТР ТС 021/2011, ТР ТС 033/2013, СанПиН 2.3.2.1078-01.

В связи с вышесказанным, для установления микробиологической безопасности функционального кисломолочного напитка «БИОМИКС» необходимо было подвергнуть микробиологическим испытаниям готовый продукт, а также основные компоненты рецептуры, которые оказывают влияние на его качество и санитарную безопасность.

При проведении экспериментальных исследований для определения микробиологических показателей компонентов рецептуры и готового кисломолочного напитка применялись стандартные методы:

– отбор и подготовку проб для микробиологического анализа проводили по ГОСТ 26669-85, ГОСТ 32901-2014, ГОСТ 26809-86;

– определение количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов по ГОСТ 10444.15-94;

– количество бактерий группы кишечной палочки по ГОСТ 31747-2012;

– определение наличия бактерий рода *Salmonella* по ГОСТ 31659-2012;

– определение бактерий *Staphylococcus aureus* по ГОСТ 31746-2012;

– определение наличия бактерий *Listeria monocytogenes* по ГОСТ 32031-2012;

– определение количества молочнокислых бактерий по ГОСТ 10444.11-89;

– определение количества дрожжей и плесневых грибов по ГОСТ 10444.12-2013.

### Результаты и обсуждения

На основании анализа нормативно-правовой документации были выбраны микробиологические критерии безопасности основного сырья и готового кисломолочного напитка (табл. 2).

По результатам микробиологического анализа готового кисломолочного напитка «БИОМИКС» и сырья, используемого для его производства, было установлено, что данные образцы безопасны в микробиологическом отношении и соответствуют требованиям технических регламентов Таможенного союза (ТР ТС 021/2011, ТР ТС 033/2013) и СанПиН 2.3.2.1078-01 (табл. 2).

Одна из основных задач исследований заключалась в установлении срока годности геродиетического кисломолочного напитка «БИОМИКС». Определение срока годности продукта включало проведение экспериментального тестирования процесса порчи геродиетического кисломолочного напитка, завершающегося нахождением момента времени, соответствующего окончанию срока его хранения [3].

Основой процесса обоснования сроков годности пищевых продуктов являлось проведение не только микробиологических исследований, но и органолептической оценки свойств образцов продукции в процессе хранения при температурах, предусмотренных нормативной и/или технической документацией.

В соответствии с методическими указаниями МУК 4.2.1847-04 «Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов» рекомендуемая схема исследования молочной продукции при предполагаемом сроке годности 5 суток предлагает проводить испытания готового продукта на первые, пятые и восьмые сутки [3].

Для получения наиболее достоверных данных изменения микробиологических показателей при хранении продукта проводили испытания готового продукта каждый день в течение 8 суток. Продукт подвергали микробиологическим испытаниям по показателям содержания молочнокислых бактерий и дрожжей и плесеней, а также проводили органолептическую оценку кисломолочного напитка.

В процессе хранения геродиетического напитка проводились микробиологические испытания образцов, хранящихся при различных температурных режимах:

– 1 образец – 4°C – оптимальные условия хранения;

– 2 образец – 5°C – нормальные условия хранения;

– 3 образец – 25°C – экстремальные условия хранения.

## Результаты микробиологического анализа сырья и готового продукта [4]

№	Компонент	КМАФАнМ, КОЕ/г(см <sup>3</sup> )		БГКП		Патогенные, в т. ч. сальмонеллы		<i>S. aureus</i>		<i>L. monocytogenes</i>		Дрожжи/плесени, КОЕ/г(см <sup>3</sup> )		Соответствие нормативам
		Фактические данные	Требования ТР ТС	Фактические данные	Требования ТР ТС, отсутствие в...г	Фактические данные	Требования Р ТС, отсутствие в...г	Фактические данные	Требования ТР ТС, отсутствие в...г	Фактические данные	Требования ТР ТС, отсутствие в...г	Фактические данные	Требования ТР ТС	
1	Молоко пастеризованное	$2 \times 10^3$	$1 \times 10^5$	Отсутствие в 0,001	0,001	Отсутствие в 25 г	25	Отсутствие в 1,0	1,0	Отсутствие в 25 г	25	-	-	Соответ- ствие
2	Молоко сухое	$5 \times 10^3$	$5 \times 10^4$	Отсутствие в 0,01	0,01	Отсутствие в 25 г	25	Отсутствие в 1,0	1,0	-	-	-	-	Соответ- ствие
4	Пищевая добавка «Биошуппе»	$7 \times 10^3$	$1 \times 10^4$	Отсутствие в 1,0	1,0	Отсутствие в 25 г	10	Отсутствие в 1,0	1,0	-	-	Др-100	Др-200	Соответ- ствие
5	Ягоды черной смородины	$1 \times 10^4$	$5 \times 10^4$	Отсутствие в 1,0	1,0	Отсутствие в 25 г	25	-	-	-	-	Пл-100	Пл-500, Др-200	Соответ- ствие
6	Ягоды черно- плодной рябины	$5 \times 10^3$	$5 \times 10^4$	Отсутствие в 1,0	1,0	Отсутствие в 25 г	25	-	-	-	-	Пл-100, Др-200	Пл-500, Др-200	Соответ- ствие
7	Кисломолочный напиток «БИОМИКС»	$1,1 \times 10^9$	МКБ не менее $10^7$	Отсутствие в 0,01	0,01	Отсутствие в 25 г	25	Отсутствие в 1,0	1,0			Пл-10, Др-20	Пл-50, Др-50	Соответ- ствие

Результаты микробиологических испытаний геродиетического кисломолочного напитка в процессе хранения представлены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты исследований микробиологических показателей геродиетического кисломолочного напитка «БИОМИКС»

День исследования	Молочнокислые бактерии			Дрожжи/Плесени		
	1 образец	2 образец	3 образец	1 образец	2 образец	3 образец
Норматив	Не менее $10^7$ , КОЕ/см <sup>3</sup>			Пл-50, Др-50, КОЕ/см <sup>3</sup>		
0-я точка	$1,1 \times 10^9$			Др-20, Пл-10		
1 сутки	$1,1 \times 10^9$	$1,1 \times 10^9$	$2,0 \times 10^8$	Др-20, Пл-10	Др-20, Пл-10	Др-20, Пл-10
3 сутки	$1,1 \times 10^9$	$1,1 \times 10^9$	$2,0 \times 10^8$	Определение не проводили		
4 сутки	$1,1 \times 10^9$	$1,1 \times 10^9$	$1,1 \times 10^9$	Пл-20	Пл-20	Пл-20
5 сутки	$1,1 \times 10^9$	$1,1 \times 10^9$	$1,1 \times 10^9$	Пл-20	Пл-20	Пл-20
6 сутки	$1,1 \times 10^9$	$7,0 \times 10^8$	$1,1 \times 10^9$	Пл-10	<b>Пл-60</b>	<b>Пл-80</b>
8 сутки	$1,1 \times 10^9$	$1,1 \times 10^9$	$1,3 \times 10^8$	<b>Пл-50</b>	<b>Пл-70</b>	<b>Пл-80</b>

Примечание. Пл – плесени; Др – дрожжи

Из данных табл. 3 видно, что на 6-е сутки в 3-м образце, хранящемся при температуре 25°C, наблюдается резкое превышение норматива по содержанию плесеней. При хранении напитка в рекомендуемых условиях – холодильное хранение 4°C – превышение норматива наблюдается лишь на 8-е сутки, что больше предполагаемого срока годности (5 суток) с коэффициентом 1,5. Также в 3-м образце на конец предполагаемого срока годности наблюдается снижение содержания молочнокислых бактерий, однако значение остается выше заданного нормативной документацией показателя.

При проведении органолептических испытаний на 3-и сутки хранения готового продукта при неблагоприятных условиях наблюдается снижение органолептической оценки продукта (проявляется спиртовой запах), что делает продукт непригодным для потребления. На 4-е сутки хранения при тех же условиях происходит изменение цвета продукта (обесцвечивание), что также недопустимо при реализации. При хранении продукта в рекомендуемых холодильных условиях незначительные изменения в органолептических свойствах наблюдаются лишь на 8-е сутки его хранения. Полученные данные позволяют заключить, что с учетом коэффициента запаса сроком годности нового продукта можно считать 5 суток.

Традиционные кисломолочные напитки без консервантов и стабилизаторов имеют срок годности 5–7 суток, из чего можно сделать вывод, что внесение функциональных добавок для напитка «БИОМИКС» не оказывает существенного влияния на его срок годности.

### Заключение

Разработанный кисломолочный напиток «БИОМИКС» позволит расширить ассортимент линейки специализированных продуктов, а также благодаря содержанию функциональных компонентов ягод черной смородины и черноплодной рябины и чешуи сардинеллы позволит восполнить недостаток кальция, фосфора, магния, витамина С в организме пожилых людей.

Содержание молочнокислых бактерий в продукте на протяжении всего предполагаемого срока годности (5 суток) является стабильным, на уровне  $10^9$  КОЕ/г, соответствующем функциональному показателю для геродиетических кисломолочных напитков; далее имеет место резкое нарастание количества нежелательных микроорганизмов (плесеней), обуславливающих порчу продукта к концу регламентированного срока годности.

Срок годности нового геродиетического напитка «БИОМИКС» установлен 5 суток, он гарантирует его микробиологическую и органолептическую стабильность при хранении при температуре плюс 4°C.

### Литература

1. Особенности питания в пожилом и старческом возрасте [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.rmj.ru/articles\\_6401.htm](http://www.rmj.ru/articles_6401.htm)
2. Разгуляева О.И. Разработка технологии обогащенного йогурта геродиетического назначения / О.И. Разгуляева, О.Я. Мезенова // Вестник молодежной науки. Серия: Биотехнология, техника пищевых производств и технология продуктов питания. – Калининград: КГТУ, 2015. – С. 61–66.
3. Методические указания: МУК 4.2.1847-04 Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов: Нормативно-правовой материал. – М., 2004. – 31 с.
4. ТР ТС 021/2011 О безопасности пищевой продукции. – М., 2013. – 242 с.

**Секция 4. СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ,  
ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**

УДК [556.555.8:556.11](282.5:571.66-25)

**А.Е. Бровкин<sup>1</sup>, В.В. Потапов<sup>2</sup>, Л.М. Хорошман<sup>3</sup>, И.М. Власова<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>КГУП «Камчатский водоканал»,  
Петропавловск-Камчатский, 683017;

<sup>2</sup>Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН,  
Петропавловск-Камчатский, 683012;

<sup>3</sup>Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: vadim\_p@inbox.ru

**ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА СОСТАВ И ОБЪЕМЫ  
ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД, ПОСТУПАЮЩИХ  
В ОЗЕРО КУЛТУЧНОЕ ГОРОДА ПЕТРОПАВЛОВСКА-КАМЧАТСКОГО**

Произведен расчет площади водосбора и годового объема поступающих в озеро поверхностных сточных вод. Проанализирована степень влияния на параметры поверхностного стока различных источников. Предложен план технических мероприятий для уменьшения попадания загрязняющих веществ в воды озера Култучного.

**Ключевые слова:** хозяйственно-фекальные сточные воды, поверхностный сток, ливневая канализация, площадь водосбора поверхностного стока, объем поверхностных сточных вод, дождевая канализация.

**A.E. Brovkin<sup>1</sup>, V.V. Potapov<sup>2</sup>, L.M. Khoroshman<sup>3</sup>, I.M. Vlasova<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Petropavlovsky Vodokanal,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683017;

<sup>2</sup>Research Geotechnological Center of FEB RAS,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683012;

<sup>3</sup>Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: vadim\_p@inbox.ru

**THE MAIN FACTORS INFLUENCING ON COMPOSITION  
AND VOLUME OF SURFACE WASTE WATER FLOWING INTO  
LAKE KULTUCHNOYE OF PETROPAVLOVSK-KAMCHATSKY**

The catchment area and the annual volume of surface wastewater entering the lake are calculated. The degree of influence of various sources on the surface runoff parameters are analyzed. The plan of technical measures to reduce the ingress of contaminants into the water of Lake Kultuchnoye is offered.

**Key words:** domestic sewage, surface runoff, storm water drainage, catchment area of surface runoff, amount of surface waste water, rainwater drainage.

**Введение**

История оз. Култучного неразрывно связано с историей развития города. Описание истории и современного состояния озера приводятся в источниках [1–7].

С развитием городской инфраструктуры воды озера стали подвергаться различным загрязнениям. В 60–90 гг. XX в. в озеро производился выпуск неочищенных хозяйственно-фекальных и производственных сточных вод, который прекратился в результате реконструкции систем городской канализации в 2000 гг. На сегодняшний день периодически происходит попадание хозяйственно-фекальных сточных вод в сети дождевой канализации, имеющие выпуски в оз. Култучное при возникновении аварий на сетях.

Вопросы количественного попадания хозяйственно-фекальных сточных вод в сеть дождевой канализации и их влияния на состав вод в ней требуют глубокого изучения и представляют интерес в разрезе влияния этого фактора на экологическую обстановку в городе.

На необходимость прекращения выпуска неочищенных ливневых сточных вод в водные объекты Камчатского края неоднократно указывалось в различных научных трудах и в официальных документах [8].

Статьи 44, 60 Водного Кодекса РФ запрещают сброс неочищенных сточных и дренажных вод в водные объекты [9].

## **Основная часть**

### ***Основные факторы, влияющие на состав и объемы поверхностных сточных вод***

При оценке влияния дождевых стоков на окружающую среду, необходимо отметить некоторые специфические особенности, присущие им [10, 11]:

– крайне неравномерное их образование и сложность прогнозирования объемов их поступления. Обусловлено это чрезвычайной сложностью процесса формирования атмосферных осадков, который связан с объемом запасов влаги в атмосфере, температурными и динамическими условиями, характером земной поверхности и т. д.

– особенности источников загрязнений дождевых стоков. К основным источникам загрязнения поверхностного стока относятся продукты эрозии почвы, пыль, выбросы в атмосферу, различные нефтепродукты, попадающие на территорию в результате их пролива.

Сложность изучения состава поверхностного стока обусловлена его нестационарностью и специфичностью образования.

В числе основных загрязнителей поверхностного стока необходимо указать [8,10,11]:

– взвешенные вещества, концентрация которых колеблется от нескольких миллиграммов до десятков граммов в литре воды. Значительный разброс наблюдается в дисперсном составе частиц примесей. Основное количество нерастворенных примесей представлено мелкодисперсными частицами, в основном частицами пыли. Около 80% по весу взвешенных веществ имеют размер частиц, не превышающий 0,05 мм, из них около 15% – частицы размером до 0,005 мм. Влияние пыли на состав поверхностного стока весьма существенно. Пыль содержит большое количество химических загрязнений, попадающих в сток. В поверхностном стоке города содержится песок. Основным источником его попадания в поверхностный сток является посыпка дорожных покрытий в зимний период;

– химические вещества. Их источники, состав и концентрации рассматриваются в научных публикациях [10–13];

– органические вещества в поверхностном стоке содержатся в растворенном и нерастворенном состоянии. На долю суспензированных примесей приходится около 90% общего количества окисляющихся веществ, присутствующих в поверхностном стоке. Химическое потребление кислорода взвесьями поверхностного стока составляет 0,3–0,5 мг/л. Скорость окисления органических веществ в поверхностном стоке несколько ниже, чем в хозяйственно-бытовых сточных водах. Полное биохимическое окисление достигается через 25...30 суток. Соотношение  $BPK_{полн}/BPK_5$  в среднем составляет 2,3...3;

– нефтепродукты в поверхностный сток попадают от автомобильного транспорта. Поскольку озеро полностью окружено дорогами с интенсивным движением, влияние этого фактора заслуживает отдельного изучения;

– бытовой мусор содержится в дождевых водах города в достаточно большом количестве. Источником его поступления часто служат открытые лотки и поврежденные колодцы дождевой канализации.

Объем, состав и концентрация примесей в поверхностном стоке во многом зависит от интенсивности выпадающих осадков и продолжительности периода сухой погоды, предшествующей дождю, т. к. загрязнение дождевого стока происходит в результате сорбции веществ, находящихся в атмосферном воздухе, а также растворения и смыва загрязнений, накапливающихся на площадях водосборного бассейна и в сети дождевой канализации. Существенная часть загрязнений попадает на городские территории из атмосферного воздуха, оседая из него. Если интенсивность осадков увеличивается, то расход дождевого стока тоже растет и, как следствие, увеличивается его способность нести взвеси [11].

Основными источниками поступления в атмосферный воздух города вредных химических веществ являются автомобильный транспорт, предприятия промышленности и жилищно-коммунального хозяйства. По данным социально-гигиенического мониторинга их концентрация в некоторых районах Петропавловска-Камчатского достигает 2 ПДК. Отмечается существенное содержание в атмосфере городской черты диоксида азота, 3,4-бенз(а)пирена, формальдегида.

Состав атмосферного воздуха существенно зависит от времени года [12].

Отдельно следует отметить влияние вулканических выбросов на состав атмосферного воздуха.

По данным государственного учреждения «Камчатское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» уровень загрязнения воздуха в г. Петропавловске-Камчатском характеризуется как высокий [13].

Кроме перечисленных загрязнений в поверхностном стоке могут содержаться биогенные элементы, соединения тяжелых металлов, специфические примеси, выбрасываемые в атмосферу промышленными предприятиями, и бактериальные загрязнения.

Отдельного внимания требует изучение вопроса состава талых сточных вод и их влияния на экологическое состояние озера. Зимний сезон на Камчатке весьма продолжителен, и объем загрязнений, накопленных в снежном покрове, будет весьма значительным [14].

### ***Определение объемов поверхностного стока в воды озера Култучное***

При рассмотрении вопроса нагрузки на оз. Култучное со стороны дождевой канализации прежде всего необходимо отметить довольно значительную площадь водосборного бассейна и высокую антропогенную нагрузку на эту площадь. В озеро попадают сточные воды с районов улиц Ленинградская, Ключевская, Вилюйская, Озерновская Коса, Набережная, Ленинская, Советская, пл. Ленина и др. При изучении топографических съемок инженерных сетей города и берегов озера авторами было выявлено в акваторию озера 14 выпусков ливневой канализации. Они расположены: три – в северной части озера, четыре – в северо-западной, три – в северо-восточной, два – в восточной и два – в южной. Наиболее большую площадь водосбора имеют выпуски в северной и южной частях озера, что отчасти объясняет наибольшую степень загрязнения этих районов акватории [2].

Расчет годового объема и примерного состава поступающих в озеро поверхностных сточных вод производится исходя из площадей водосборного бассейна и данных по объемам осадков рассматриваемой территории по источникам [11,15–17].

По подсчетам авторов, общая площадь водосборного бассейна попадающих в оз. Култучное поверхностных вод составляет 337 га, из нее площадь асфальтового покрытия составляет 23,3 га и площадь кровель зданий – 21 га. Площади водосбора определялись по топографическим съемкам городских территорий.

Исходя из этих данных, среднегодовые объемы дождевого стока составляют  $621519 \text{ м}^3/\text{год}$ , среднегодовые объемы талого стока –  $872493 \text{ м}^3/\text{год}$ , среднегодовой объем поливочных вод –  $5850 \text{ м}^3/\text{год}$ .

Сложив полученные объемы, получаем годовой объем поступающих в озеро поверхностных сточных вод  $1,5 \text{ млн м}^3/\text{год}$ .

Из данного объема до 70% воды должны подвергаться очистке [11,16].

Результаты расчета примерного состава поверхностных сточных вод, поступающих в оз. Култучное, приведены в таблице.

Среднегодовая концентрация загрязняющих веществ в поверхностных сточных водах  
Центральной части Петропавловска-Камчатского

Загрязняющие компоненты	Удельный вынос, кг/(га · год)	Общая площадь, га	Объем выноса веществ, кг/год	Удельный расход, м <sup>3</sup> /(га · год)	Концентрация загрязнений, мг/л
Взвешенные вещества	2500	337	842500	4451	56
ХПК	1000		337000		23
БПК	140		47180		0,32
Нефтепродукты	40		13480		0,9
Соединения азота	6		2022		0,1
Соединения фосфора	1,5		505,5		0,3
Минеральные соли	400		134800		9

Влияние загрязнений поверхностного стока на состояние озера значительно усиливается из-за неравномерности поступления.

Необходимо особо отметить, что все вышеприведенные данные по поверхностному стоку являются расчетными и требуют уточнения путем проведения мониторинга расхода и загрязнения.

### Выводы

1. Влияние поверхностного стока на экологическое состояние озера, как показывают результаты проведенных расчетов, весьма существенно. Среднегодовой объем поверхностных сточных вод составляет около 1,5 млн м<sup>3</sup>/год. Из этого объема наибольшую часть составляют стоки талых и дождевых вод – 872493 м<sup>3</sup>/год и 621519 м<sup>3</sup>/год, соответственно. Из поступающих с поверхностным стоком загрязнений можно отметить взвешенные вещества и нефтепродукты – 842500 кг/год и 13480 кг/год, соответственно. Концентрации этих загрязнений сопоставимы с концентрациями в хозяйственно-фекальных сточных водах данного района города. Влияние загрязнений поверхностного стока на состояние озера значительно усиливается из-за неравномерности поступления.

2. Для уменьшения попадания загрязняющих веществ в воды оз. Култучного необходимо:

- произвести реконструкцию сетей дождевой канализации с целью обеспечения параметров выпуска поверхностного стока в соответствии с требованиями существующих норм;
- повышать техническое обеспечение и культуру содержания городских территорий для сокращения попадания загрязнений в сети дождевой канализации;
- принимать меры для обеспечения качественного строительства и ремонта дорожных покрытий в соответствии с существующими нормами;
- улучшать экологическое состояние города;
- обеспечивать высокий уровень обслуживания сетей дождевой и хозяйственно-бытовой канализации;
- произвести реконструкцию сетей хозяйственно-бытовой канализации в центральной части города с целью устранения возможности попадания неочищенных стоков в акваторию озера, в т. ч. в результате аварий.

3. Для решения задач, указанных в п. 2 выводов, необходимо:

- произвести полномасштабные исследования сетей канализации в центральной части города с проведением мониторинга состава сточных вод на различных участках дождевой канализации с целью изучения количества и состава попадающих в нее вод, а также выявления источников попадания хозяйственно-фекальных сточных вод;
- проводить мониторинг состава поверхностных сточных вод по сезонам года и внутри сезонов, особенно при выпадении осадков различной интенсивности и продолжительности, с целью выработки наиболее эффективных способов их сбора и очистки;
- проводить мониторинг состояния атмосферного воздуха, иловых отложений и воды в озере в различных точках акватории на различных глубинах с целью изучения влияния на экологическое состояние озера сточных вод и атмосферных осадков, а также влияния различных процессов и течений в озере на его загрязнение в различных частях и на процессы самоочищения.

4. Необходимо проведение мероприятий по восстановлению и очистке акватории озера от уже имеющихся загрязнений.

## Литература

1. Хурина О.В., Березовская В.А. Чистая чаша – мечта города // Экология и жизнь. – 2010. – № 12. – С. 72–76.
2. 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. науч. конф., 2011–2012 гг. – Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2013. – С. 72–91.
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: КамчатГТУ, 2010. – С. 183–185.
4. Саушкина Л.Н., Хурина О.В. Комплексная оценка состояния озера Култучное по гидрохимическим показателям // 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. 201–203.
5. Саушкина Л.Н., Хурина О.В. Применение биологических методов очистки для сохранения и восстановления экосистемы озера Култучное // 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. 1. – С. 205–207.
6. Хурина О.В., Кузьякина Т.И. Значение биологических факторов для возрождения озера Култучное // Рыбохозяйственное образование и научные исследования в Камчатском регионе: Материалы науч.-техн. конф. ППС и аспирантов Камчат ГТУ (26–28 апреля 2005 г.) / Под ред. Н.Н. Портнягина. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2006. – С. 110–113.
7. Алискеров А.А. Экологическое восстановление Култучного озера // Физ.-хим. процессы в гетероген. средах. – Петропавловск-Камчатский: Изд-во ПКВМУ, 1997. – В. 2. – С. 84–91.
8. Государственный доклад «О санитарно-эпидемиологической обстановке в Камчатском крае в 2010 году» [Электронный ресурс]. – URL: [36.rospotrebnadzor.ru/download/gdrf/gdrf2010.PDF](http://36.rospotrebnadzor.ru/download/gdrf/gdrf2010.PDF) (дата обращения: 05.11.2015).
9. Водный кодекс Российской Федерации от 3 июня 2006 г. N 74-ФЗ // [www.rg.ru/2006/06/08/voda-kodeks.html](http://www.rg.ru/2006/06/08/voda-kodeks.html) (дата обращения 05.11.2016).
10. Ксенофонтов Б.С., Козодаев А.С., Таранов Р.А., Капитонова С.Н. Проблемы расчета поверхностного стока и состава сооружений для его очистки [Электронный ресурс]. – URL: [voda-proekt.narod.ru/statiyi/Poverh\\_stok-2-.doc](http://voda-proekt.narod.ru/statiyi/Poverh_stok-2-.doc) (дата обращения: 05.11.2016).
11. Отведение и очистка поверхностных сточных вод: Учеб. пособие для вузов / В.С. Дикаревский, А.М. Курганов, А.П. Нечаев, М.И. Алексеев. – Л.: Стройиздат, 1990. – 224 с.
12. Лифановская С.Ю. Зависимость загрязнения городского воздуха от сезонов года [на примере г. Петропавловска-Камч.] // Рыбохозяйственное образование и научные исследования в Камчатском регионе: Материалы науч.-техн. конф. ППС и аспирантов Камчат ГТУ (26–28 апреля 2005 г.) / Под ред. Н.Н. Портнягина. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2006. – С. 67–71.
13. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации по Камчатскому краю в 2014 году» [Электронный ресурс]. – URL: [41.rospotrebnadzor.ru/c/document\\_library/get\\_file?uuid...94f5...](http://41.rospotrebnadzor.ru/c/document_library/get_file?uuid...94f5...) (дата обращения: 05.11.2016).
14. Букай А.В., Латкин А.С. Оценка степени влияния загрязненности снежного покрова на районы Авачинской бухты, прилегающие к территории конгломерации гг. Петропавловск-Камчатский – Елизово – Вилочинск // Рациональное использование морских биоресурсов: Материалы науч.-техн. конф. (25–28 марта 2002 г.). – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2002. – С. 59–61.
15. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. – М.: ОАО «НИИ ВОДГЕО», 2014. – 88 с.
16. СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85 [Электронный ресурс]. – URL: [docs.cntd.ru/document/1200094155](http://docs.cntd.ru/document/1200094155) (дата обращения: 05.11.2016).
17. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\* Строительная климатология. – М.: НИИСФ РААСН, 2012. – 109 с.

УДК 502.51(556.55:470.26)"2015-2016"

**О.С. Бугранова, Н.А. Цупикова, Ю.С. Костыря**

*Калининградский государственный технический университет,  
Калининград, 236022  
e-mail: tsoupikova@kltu.ru*

### **ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ПРУДА ФОРЕЛЕВОГО (Г. КАЛИНИНГРАД) В 2015–2016 ГГ.**

В данной работе приведен анализ результатов экологического мониторинга, включающего гидрохимические и альгологические исследования в 2015–2016 гг. в западной части пруда Форелевого, испытывающей серьезную разностороннюю антропогенную нагрузку. Целью работы является оценка экологического состояния данного водоема по комплексу показателей качества воды (численность и биомасса фитопланктона, виды-индикаторы сапробности среды и ключевые гидрохимические параметры, позволяющие охарактеризовать степень эвтрофирования). По собранным данным стало возможно определить класс качества воды, сапробность и трофность водоема. Исследования показали, что воды пруда Форелевого характеризуются как эвтрофные, умеренно-загрязненные, мезосапробные. Альгофлора озера характерна для водоемов и водотоков европейской территории России с преобладанием зеленых, диатомовых и синезеленых водорослей. Во время «цветения» пруда были обнаружены токсичные виды водорослей, которые ухудшают качество воды и представляют опасность для человека и животных.

**Ключевые слова:** экологический мониторинг, биогенные элементы, трофность, фитопланктон, сапробность, токсичные виды водорослей.

**O.S. Bugranova, N.A. Tsoupikova, Y.S. Kostyrya**

*Kaliningrad State Technical University,  
Kaliningrad, 236022  
e-mail: tsoupikova@kltu.ru*

### **ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF THE WESTERN PART OF THE FORELEVY POND (KALININGRAD) IN 2015–2016**

This paper reports an analysis of environmental monitoring results including hydro-chemical and algological study carried out in the western part of the Forelevy Pond in 2015–2016. This water body suffers a sufficient complex anthropogenic load. The aim of the work is to assess the environmental situation of the pond based upon a range of water quality parameters (abundance and biomass of phytoplankton, indicator species of environment saprobity and key hydrochemical criteria that allow identifying the degree of eutrophication). The collected data made it possible to determine the water quality class, saprobity and trophicity of the pond. Studies have shown that the water of the Forelevy Pond can be determined as eutrophic, moderately polluted, mesosaprobic. Algal flora of the lake is typical for water bodies and streams of European Russia with a predominance of green, blue-green algae and diatoms. Some toxic algae species that degrade water quality and pose a danger to humans and animals were discovered during the blooming period.

**Key words:** environmental monitoring, nutrients, trophicity, phytoplankton, saprobity, toxic algal species.

#### **Введение**

Пруд Форелевый (карьер Прибрежный) расположен на юго-западной окраине г. Калининграда, в 50–200 м от Калининградского залива, с которым он связан каналом; направление водообмена зависит от направления ветра. Пруд образовался в результате затопления в 1960–1970 гг. песчаного карьера, разрабатывавшегося с начала XX в. Озеро вытянуто с юго-запада на северо-восток, длиной более 1700 м. Береговая линия довольно изрезана, имеется несколько заливов и береговых выступов, отчетливо разделяющих водоем на две неравные части.

Водоем питают грунтовые воды, атмосферные осадки, сток с прилегающей заболоченной местности, а также четыре скважины, расположенные на прилегающей территории. Береговая растительность характерна для заболоченных лугов, местами располагаются заросли тростника.

Западная часть пруда испытывает усиленное антропогенное воздействие, связанное с расположенным здесь садковым хозяйством по выращиванию рыбы и использованием акватории и прибрежной полосы для отдыха: любительское рыболовство, водный спорт, стихийные необорудованные пляжи (купание запрещено Роспотребнадзором), кафе непосредственно у уреза воды и др. Поверхность воды часто бывает покрыта жирной пленкой (предположительно от асфальтобетонного завода и других промышленных предприятий, находящихся поблизости).

Цель данной работы – оценить экологическое состояние западной части пруда Форелевого, испытывающего усиленную антропогенную нагрузку, по некоторым гидрохимическим показателям и развитию фитопланктона, что позволяет определить уровень трофности водного объекта и функционирование его экосистемы в целом.

### Материалы и методика

Исследования вели в течение 2015–2016 гг. на трех стандартных станциях [1], результаты мониторинга приводятся по данным, полученным на среднем участке с типичным зарастанием берега, примерно равноудаленном от форелевого хозяйства и прибрежной полосы отдыха. Пробы для гидрохимических и альгологических исследований отбирали с прибрежного поверхностного горизонта. Отобранный материал на исследования фитопланктона фиксировали раствором Люголя с добавлением ледяной уксусной кислоты и формалина, а концентрировали методом прямой мембранной фильтрации. Количественный и качественный анализ проб фитопланктона, а также гидрохимический анализ проводили согласно общепринятым методикам [2–4].

### Результаты исследования

Анализ полученных гидрохимических материалов свидетельствует о том, что водоем сильно эвтрофирован. Относительное содержание растворенного кислорода в основном снижено, обычно наблюдается недосыщение на уровне 60–70%, а летом – часто дефицит; хотя абсолютные значения его концентрации не опускаются ниже 4 мг/дм<sup>3</sup> (рис. 1, а).

В воде содержится достаточно много легко окисляемых органических веществ. В соответствии с классификацией О.А. Алекина, озеро можно отнести к водным объектам со средней (на пределе верхней границы этой градации) или повышенной окисляемостью (до 16 мг О/дм<sup>3</sup>), причем величина перманганатной окисляемости не имеет четко выраженного внутригодового хода и часто превышает нормативные значения для форелевых прудов [5] (рис. 1, б).

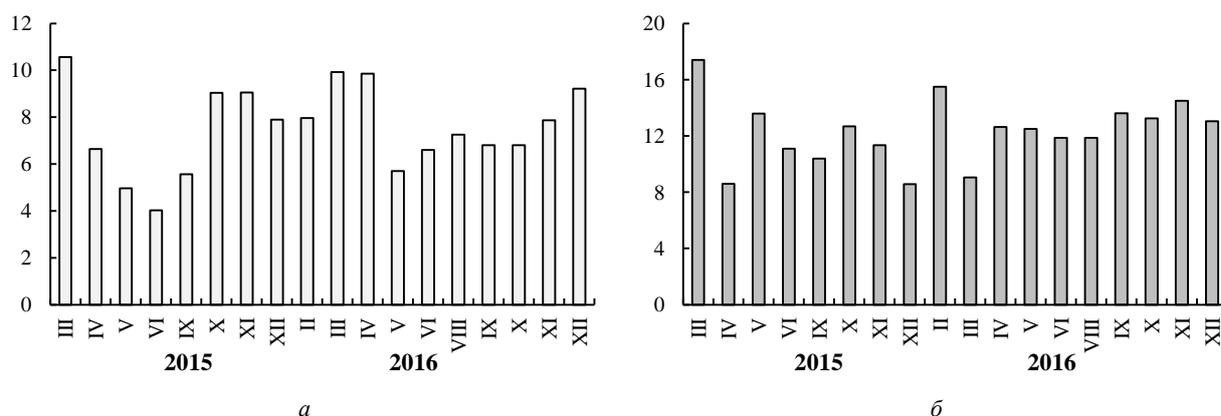


Рис. 1. Динамика гидрохимических показателей пруда Форелевого в 2015–2016 гг.: растворенный кислород, мг/дм<sup>3</sup> (а) и перманганатная окисляемость воды, мг О/дм<sup>3</sup> (б)

Концентрации большинства биогенных элементов в 2015–2016 гг. в целом не слишком высоки. В летний период времени нитриты, фосфаты и общее железо обнаруживались в очень малых количествах. В холодное время года их содержание возрастало, и, например, зимой 2016 г. концентрация нитритов составила около 0,3 мг/дм<sup>3</sup>, что многократно превышает нормативные

значения и свидетельствует о загрязнении от внешних источников. Единственным исключением является азот аммонийный, по содержанию которого воды Форелевого можно оценить как загрязненные. В течение большей части исследуемого периода он существенно превышал нормативное значение для форелевых прудов (максимум – более 3 мгN/дм<sup>3</sup> вдоль садковой линии в октябре 2015 г.)

Оценка трофности по показателям фитопланктона [6–8] пруда Форелевого (табл. 1) показала, что его также следует в основном отнести к категории эвтрофных.

Таблица 1

Оценка трофности пруда Форелевого по показателям фитопланктона, 2015–2016 гг.

Критерий	Тип трофии				Осредненные данные за 2015–2016 гг.
	олиготр.	мезотр.	эвтроф.	гипертр.	
Средняя биомасса фитопланктона за вегетационный период, Vf, мг/л	<1,0	1–3	3–10	>10	4,90
Индекс трофности, ИТ	20–40	40–60	60–80	>80	55,43
Численность фитопланктона, млн кл./л	0,35–3,85	3,85–20	>20	–	61,04
Диатомовые водоросли, % от общей численности	95–15	15–0	–	–	20,09
Зеленые водоросли, % от общей численности	15–75	75–100	0,0–15	–	8,15
Синезеленые водоросли, % от общей численности	0–55	55–85	85–100	–	71,32

Видовой состав рассмотренных проб фитопланктона за два года насчитывает 121 таксон (46 из которых были определены только до рода) из восьми отделов, 18 классов, 20 порядков, 34 семейств и 54 родов. В таксономическом плане преобладают водоросли отдела зеленые (*Chlorophyta*) и составляют более 40% от общего видового разнообразия, диатомовые (*Bacillariophyta*) – 30% и синезеленые (*Cyanophyta*) – 20%. Остальные отделы водорослей представлены беднее и в сумме занимают около 10% видового разнообразия в период исследования.

Динамика численности фитопланктона в 2015–2016 гг. (рис. 2) определяется, главным образом, динамикой гидрометеорологических условий, обусловленных, в свою очередь, климатом Калининградской области, переходным от морского к умеренно континентальному. Для него характерна очень мягкая зима (в период наблюдений пруд каждую зиму был покрыт льдом только в январе), прохладное лето и теплая осень, высокая влажность воздуха.

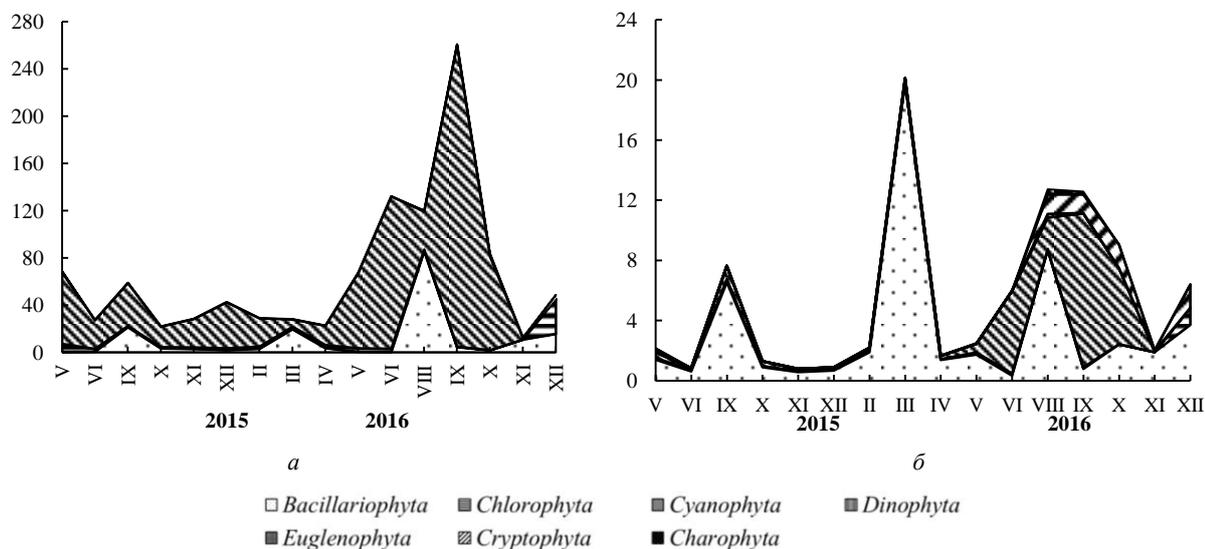


Рис. 2. Динамика общей численности, млн кл./л (а) и биомассы, мг/л (б) основных групп фитопланктона пруда Форелевого за 2015–2016 гг.

В 2015 г. конец весны и первая половина лета были прохладными (среднемесячные температуры воздуха с мая по июль были ниже климатической нормы на 0,4...0,9°C) и дождливыми, в то время как остальная часть года, и особенно ноябрь–декабрь – очень теплыми (среднемесячная температура воздуха превысила среднемноголетние значения на 2,8 и 4,8°C, соответственно), что и объясняет в этом году три пика численности (весенне-летний, летне-осенний и зимний) и один пик биомассы (осенний) фитопланктона. Весенне-летний и зимний пики численности свя-

заны исключительно с массовым развитием синезеленых водорослей родов *Anabaena*, *Microcystis* и *Aphanizomenon*, а летне-осенний, наряду с развитием синезеленых, – развитием крупных форм диатомовых водорослей рода *Melosira*, которые и определяют пик биомассы в осенний период.

В 2016 г. почти постоянно температура воздуха была значительно выше нормы (особенно теплыми выдались март, май и август – среднемесячная температура больше среднемноголетней на 9,6, 6,3 и 4,7°C) и только в январе и октябре – ниже, во многие, в т. ч. летние месяцы – осадков больше нормы. Это способствовало высокой численности и биомассе фитопланктона, которая значительно была выше, чем в 2015 г. Максимальный пик численности наблюдается в осенний период, связанный с развитием тех же родов синезеленых и диатомовых водорослей, как и в 2015 г., а в биомассе наблюдается два пика – весенний и осенний, связанные преимущественно с развитием крупных форм диатомовых водорослей.

В 2015 г. водоросли озера достигают максимальной численности до 70 млн кл./л в мае, а в сентябре 2016 г. – более 250 млн кл./л, и в обоих случаях она обуславливалась высокой численностью синезеленых водорослей.

Максимальная биомасса фитопланктона установлена в 2015 г. в сентябре – 7,6 мг/л, а в 2016 г. в марте – 20 мг/л, обусловленная массовым развитием крупных форм представителей диатомовых водорослей – *Melosira nummuloides* C. Agardh в сентябре и *Melosira moniliformis* (O.F. Müller) C. Agardh в марте.

Из обнаруженных видов фитопланктона 30 являются видами-индикаторами степени сапробности [9]. По этому показателю состав водорослей представлен таким образом: β-мезосапробы – 47%; о-β-мезосапробы – 30%; α-мезосапробы, х-, α-р- и о-сапробы – по 3%. Согласно значению индекса сапробности, вычисленного методом Пантле и Букка в модификации Сладечека [10], и оценке сапробности вод по гидрохимическим показателям [8], воды пруда Форелевого относятся по большей части показателей к категории «умеренно загрязненные» (β-мезосапробный класс) (табл. 2).

Таблица 2

Оценка сапробности вод пруда Форелевого по некоторым показателям, 2015–2016 гг.

Показатель	Чистые воды		Загрязненные воды		Грязные воды		Осредненные данные за 2015–2016 гг.
	Классы сапробности <sup>1</sup>						
	кс	о	бм	ам	п	гп	
Растворенный кислород, % насыщения	95–100	80–110	60–125	30–150	0–200	0	65
Перманганатная окисляемость, мгО/дм <sup>3</sup>	0,0–7,0	7,1–10,0	10,1–20,0	20,1–40,0	40,1–80,0	>80	11,5
Аммоний, мг/дм <sup>3</sup>	0,0–0,05	0,06–0,10	0,11–0,50	0,51–1,00	1,01–3,00	>3	1,4
Нитриты, мг/дм <sup>3</sup>	0–0,001	0,001–0,04	0,05–0,08	0,09–1,5	1,6–3,00	>3	0,04
Фосфаты, мг/дм <sup>3</sup>	0–0,005	0,006–0,03	0,04–0,10	0,11–0,30	0,31–0,60	>0,63	0,1
Индекс сапробности	–	0,5–1,5	1,51–2,5	2,51–3,5	3,51–4,5	–	1,94

Примечание. <sup>1</sup>Классы сапробности: кс – ксеносапробность, о – олигосапробность, бм – бетамезосапробность, ам – альфамезосапробность, п – полисапробность, гп – гиперсапробность.

В исследованных пробах были зарегистрированы токсичные виды водорослей из отдела *Cyanophyta* – *Anabaena circinalis* Rabenh. ex Born. & Flah., *Anabaena limmermannii* P. Richt, *Anabaena spiroides* Kleb., *Aphanizomenon flos-aquae* Ralfs ex Bor. & Flah., *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kütz., *Nodularia spumigena* Mertens ex Bor. & Flah., *Planktothrix agardhii* (Gom.) Anag. EtKom. Эти виды водорослей во время «цветения» пруда (май-июнь и сентябрь-октябрь 2015–2016 гг.) отмечены в массовых количествах, что делает их опасными для человека и животных в связи с продуцируемыми ими гепато- и нейротоксинами [11].

### Заключение

Проведенные исследования показали, что воды пруда Форелевого по исследованным гидрохимическим показателям характеризуются как эвтрофные, умеренно загрязненные, в частности, индикатором ухудшения его санитарного состояния является повышенная концентрация ионов аммония. Недостаточное качество вод может затруднять дальнейшее развитие форелевого хозяйства, т. к. водоем не подходит для форелевых рыб (хотя пригоден для карповых) как из-за пониженного содержания кислорода, так и вследствие повышенной величины перманганатной окис-

ляемости и азота аммонийного. Согласно оценкам сапробности по фитопланктону и гидрохимическим показателям воды пруда оцениваются как мезосапробные.

Список водорослей пруда Форелевого в 2015–2016 гг. включает 121 таксон, относящихся к восьми отделам, 18 классам, 20 порядкам, 34 семействам и 54 родам. В целом альгофлору озера можно охарактеризовать как зелено-диатомово-синезеленую. Такое соотношение крупных таксономических отделов в озере характерно для водоемов европейской части России [12].

Сезонная динамика развития фитопланктона озера определяется, главным образом, гидрометеорологическими и гидрохимическими условиями. В частности, при хорошем прогреве воды интенсивно развиваются синезеленые водоросли, которые и составили основу фитопланктона водоема на протяжении всего вегетационного сезона в 2015–2016 гг. Накопление фосфатов зимой 2015 г. затем привело к бурному росту водорослей и «цветению» воды в теплое время года в 2016 г. Летом развивались зеленые и диатомовые водоросли, последние достигли своего максимума в общей численности осенью 2016 г.

Исследования позволили выявить присутствие в воде озера токсичных видов, появление которых также свидетельствует об эвтрофировании водоема. Регулярное «цветение» пруда может в дальнейшем поставить под угрозу его использование в рекреационных, рыбоводных и прочих целях.

### Литература

1. Цупкиова Н.А., Костыря Ю.С. Экологическое состояние пруда Форелевого в Калининградской области в 2015–2016 годах // Труды IV Балтийского морского форума. Междунар. науч. конф. «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов» (23–27 мая 2016 г.) / ФГБОУ ВО «Калининградский гос. техн. ун-т». – Калининград: КГТУ, 2016. – С. 236–239.
2. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. – М.: Наука, 1975. – 240 с.
3. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / Под ред. Абакумова В.А. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 318 с.
4. Семенов А. Д. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 541 с.
5. Отраслевой стандарт. Охрана природы. Гидросфера. Вода для прудовых форелевых и карповых хозяйств. Общие требования. ОСТ.15-282-83. – М., 1983. – 14 с.
6. Методы оценки качества вод по гидробиологическим показателям: Учеб.-метод. разработка по курсу «Гидробиология» / Сост. О.Ю. Деревенская. – Казань: КФУ, 2015. – 44 с.
7. Дмитриев В.В. Оценка экологического состояния водных объектов суши // Экология. Безопасность. Жизнь. Экологический опыт гражданских, общественных инициатив. – Гатчина, 1999. – С. 200–217.
8. ГОСТ 17.1.2.04-77 Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов // Сб. ГОСТов. – М.: Изд-во стандартов, 2000. – С. 51–62.
9. Унифицированные методы исследования качества вод: Методы биологического анализа вод. – М.: СЭВ, 1975. – Ч. 3. – 176 с.
10. Sládeček V. System of water quality from the biological point of view // Ergebnisse der Limnol. 1973. – № 7. – С. 218.
11. Водоросли, вызывающие «цветение» водоемов Северо-Запада России. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. – 367 с.
12. Охапкин А.Г., Юлова Г.А., Старцева Н.А. Состав и эколого-флористическая характеристика фитопланктона малых водоемов урбанизированных территорий (на примере города Нижнего Новгорода) // Бот. журн. – 2002. – Т. 87. – № 2. – С. 78–88.

УДК [502/504+551.35](268.45)

**Е.А. Горбачева**

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

**ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА РАЗРЕЗЕ  
«КОЛЬСКИЙ МЕРИДИАН» (БАРЕНЦЕВО МОРЕ)  
МЕТОДОМ БИОТЕСТИРОВАНИЯ**

Проведено биотестирование водных вытяжек донных отложений, отобранных на стандартном океано-логическом разрезе «Кольский меридиан» (Баренцево море). В качестве тест-объектов использовали мор-скую одноклеточную водоросль *Phaeodactylum tricorutum* и личинок солоноватоводного жаброногого рачка *Artemia salina*. Большинство изученных вытяжек не оказывало негативного воздействия на рост культуры водоросли и выживаемость рачков. Слаботоксичными для личинок *A. salina* являлись лишь вытяжки донных отложений ст. 3 и 6, в которых выживаемость рачков не превышала 85%. Отмечено ингибирование деления клеток водоросли *Ph. tricorutum* в первой половине эксперимента в вытяжках донных отложений ст. 5 и 9, сменившееся к концу опыта восстановлением или стимуляцией. В остальных вытяжках наблюдали лишь стимуляцию роста культуры водоросли. Полученные результаты свидетельствуют о сохранении низкого уровня загрязнения донных отложений на большинстве станций разреза «Кольский меридиан».

**Ключевые слова:** биотестирование, морские донные отложения, *Phaeodactylum tricorutum*, *Artemia salina*, Баренцево море.

**Е.А. Gorbacheva**

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

**TOXICITY EVALUATION OF BOTTOM SEDIMENTS  
ON THE KOLA SECTION (THE BARENTS SEA) BY BIOTESTING**

The biological testing of water extractions from bottom sediments taken on the standard hydrographic Kola Section (the Barents Sea) was conducted. Sea marine microalgae *Phaeodactylum tricorutum* and larvae of brackish water shrimp *Artemia salina* were used as test objects. Most of examined extractions had no negative influence on growth of alga culture and shrimp survival. Only the extractions from sediments at Stations 3 and 6, in which the crustacean survival did not exceed 85% were with low toxicity for *A. salina*. Inhibition of the micro-algae *Ph. tricorutum* cell division in the first half of the experiment in the sediment extracts at Stations 5 and 9 that was replaced by restoration or stimulation at the end of the experiment was marked. In the other extractions, only the stimulation of microalga culture growth was registered. The obtained results indicate on a remained low level of the pollution of bottom sediments at most of stations of the Kola Section.

**Key words:** bioassay, marine sediments, *Phaeodactylum tricorutum*, *Artemia salina*, Barents Sea.

Стандартный океанографический разрез «Кольский меридиан» расположен в центральной части Баренцева моря к северу от Кольского залива по 33°30' в. д. до 77° с. ш. и пересекает воды Прибрежной и Основной ветвей Мурманского и Центральной ветви Нордкапского течений. Первые исследования океанологических характеристик морских вод на разрезе относятся к началу двадцатого столетия. С 1928 г. наблюдения здесь стали регулярными и прерывались лишь в период с 1941 по 1944 гг. В настоящее время на станциях, расположенных вдоль разреза «Кольский меридиан», ведется изучение изменчивости океанографических условий, состояния планктонных и бентосных сообществ, а также исследуется уровень загрязненности морских вод и донных отложений и др.

В 2016 г. на разрезе «Кольский меридиан» была проведена оценка токсичности донных отложений методом биотестирования. Приемы биотестирования позволяют оценить интегральную токсичность, обусловленную присутствием в среде всех загрязняющих веществ, с учетом синергетического и антагонистического влияния. Биотестирование показывает токсичность пробы воды или донных отложений для специально подобранных наиболее чувствительных организмов. Для оценки токсичности нами были выбраны донные отложения, т. к. в отличие от динамичной водной среды они способны характеризовать долговременные тенденции в распределении загрязняющих веществ.

Пробы донных отложений были отобраны в 2016 г. в рейсе НИС «Фридьоф Нансен» в Баренцевом море на участке разреза «Кольский меридиан» от 70°00' до 74°00' с. ш. – ст. 2–10 (рис. 1).

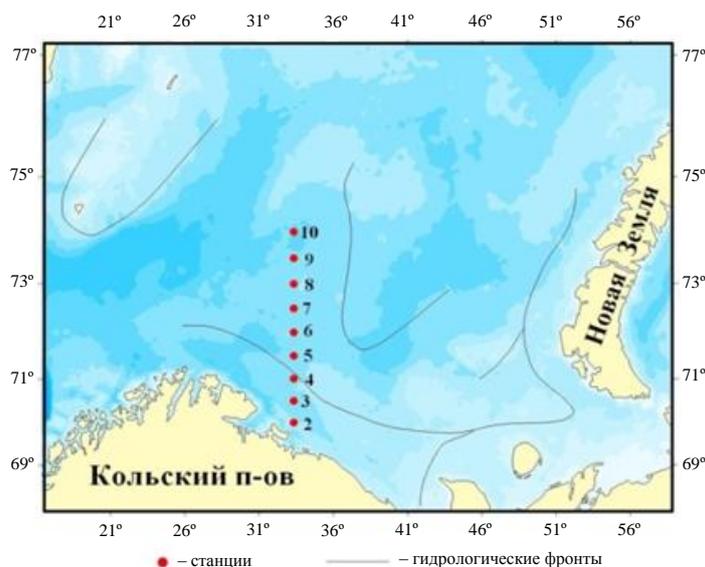


Рис. 1. Расположение станций отбора проб донных отложений

Биотестированию подвергались водные вытяжки донных отложений. При получении вытяжек каждую пробу донных отложений смешивали с водой из условно чистого района моря в объемном соотношении 1:4 и встряхивали в течение 2 ч. После смешивания суспензии давали отстояться 1 ч. Полученную надосадочную жидкость сливали и центрифугировали в течение 10 мин при скорости 4000 об/мин.

В качестве тест-объектов использовали морскую одноклеточную водоросль *Phaeodactylum tricorutum* и личинок солоноватоводного жаброногого рачка *Artemia salina*. Тест-параметрами являлись изменение численности клеток водоросли и выживаемость личинок. При постановке экспериментов на водоросли *Ph. tricorutum* руководствовались ГОСТ 31960-2012 [1], личинках *A. salina* – ГОСТ 31959-2012 [2]. Продолжительность опытов составляла 96 ч.

Вытяжку донных отложений считали нетоксичной для *Ph. Tricorutum*, если в конце эксперимента численность клеток водоросли в ней составляла  $\geq 90\%$ , слаботоксичной – 89–65%, среднетоксичной – 50–64%, высокотоксичной – 0–49% от контроля. Для личинок *A. salina* вытяжка донных отложений являлась нетоксичной при выживаемости рачков в конце опыта 90–100%, слаботоксичной – 89–65%, среднетоксичной – 50–64%, высокотоксичной – 0–49%.

Донные отложения, отобранные на ст. 2–8 разреза «Кольский меридиан», были представлены песчанистым илом, ст. 9 и 10 – глиной.

В подавляющем большинстве вытяжек донных отложений, отобранных на разрезе «Кольский меридиан», наблюдали стимуляцию роста культуры *Ph. Tricorutum* (рис. 2). Наиболее высокую численность водоросли (250% по сравнению с контролем) отмечали в вытяжке донных отложений ст. 10 в конце экспозиции. В вытяжках донных отложений ст. 4, 7 и 8 количество клеток *Ph. Tricorutum* в отдельные периоды эксперимента возрастало до 180–210%, ст. 2, 3 и 6 – до 125–160% по сравнению с контролем.

Угнетение роста водоросли наблюдали лишь в вытяжках донных отложений ст. 5 и 9 (рис. 2). В вытяжке донных отложений ст. 5 на 2-е сут опыта зарегистрировали снижение численности клеток *Ph. Tricorutum* до 88% по сравнению с контролем, которое в последующем сме-

нилось восстановлением и даже стимуляцией роста. В вытяжке донных отложений ст. 9 отмечали более глубокое и продолжительное подавление размножения клеток *Ph. tricornutum*. С 1-х по 3-и сут эксперимента численность водоросли здесь изменялась в диапазоне от 58 до 89% и лишь в конце эксперимента достигала 90% по сравнению с контролем. Так как в конце эксперимента численность клеток *Ph. Tricornutum* в водных вытяжках донных отложений ст. 5 и 9 составляла 90% по сравнению с контролем и выше, то их можно считать нетоксичными для водоросли. Вероятно, концентрации загрязняющих веществ в этих вытяжках уже чувствительны для *Ph. tricornutum*, но культура водоросли оказалась способна адаптироваться к изменившимся условиям среды.

Негативное воздействие на выживаемость личинок *A. salina* отмечали в двух из девяти вытяжек донных отложений, отобранных на разрезе «Кольский меридиан». Так, слаботоксичными для личинок оказались вытяжки донных отложений ст. 3 и 6, в которых выживаемость рачков в конце эксперимента составила 85% (рис. 3). На уровне, близком к контрольному (95–100%), сохранялась выживаемость личинок *A. salina* в вытяжках донных отложений ст. 2, 4, 5 и 7–10, и их можно считать нетоксичными для данного тест-объекта.

Результаты экспериментов свидетельствуют о низком уровне загрязнения донных отложений на большей части разреза «Кольский меридиан». Более чувствительны к загрязняющим веществам, присутствующим в исследованных донных отложениях, оказались личинки *A. salina*. Для водоросли *Ph. tricornutum* ни одна из вытяжек токсичной не являлась.

Стимуляция роста культуры водоросли, отмеченная в подавляющем большинстве вытяжек донных отложений, вероятно, обусловлена обогащением их соединениями азота и фосфора. Известно, что в донных отложениях происходит регенерация и накопление биогенных элементов, и повышенное их содержание в вытяжках наблюдается, как правило, и в отсутствие загрязнения. На увеличение по сравнению с фоном концентраций биогенных элементов в вытяжках указывают опубликованные данные [3]. Кроме того, отмечают присутствие в иловых отложениях биологически активных веществ индольной и фенольной природы, которые могут благоприятно воздействовать на водоросли. Свободные индольные соединения иловых отложений легко переходят в воду и обладают стимулирующий рост активностью по отношению к водорослям [4]. Исследованные вытяжки были получены преимущественно из песчанистого ила (ст. 2–8) и, возможно, содержали биологически активные соединения индольной и фенольной природы, которые, наряду с биогенными элементами, могли стимулировать деление клеток *Ph. tricornutum*. Вместе с тем нельзя исключить, что стимуляция роста микроводорослей в некоторых вытяжках могла быть результатом влияния низких концентраций загрязняющих веществ. Явление стимуляции какой-либо системы организма внешними воздействиями, имеющими силу, недостаточную для проявления вредных эффектов, называют гормезисом [5].

Кратковременное ингибирование размножения клеток *Ph. tricornutum*, зарегистрированное в вытяжках донных отложений ст. 5 и 9, и сменившееся в дальнейшем восстановлением или стимуляцией данной функции, свидетельствует о содержании в среде загрязняющих веществ в концентрациях, способных оказывать негативное воздействие на водоросли. Восстановление или стимуляция численности водоросли, отмеченные в конце эксперимента, не позволяют считать

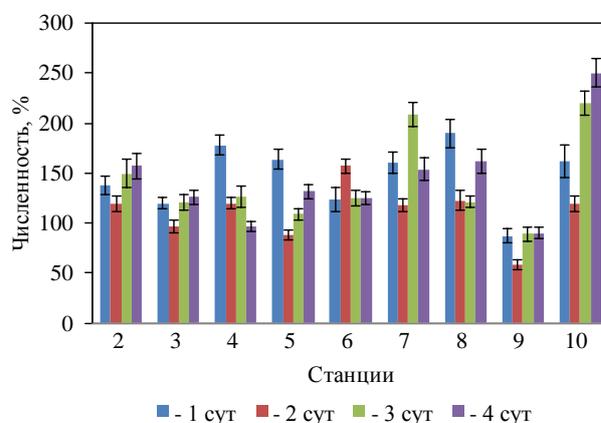


Рис. 2. Динамика численности водоросли *Ph. tricornutum* в вытяжках донных отложений разреза «Кольский меридиан»

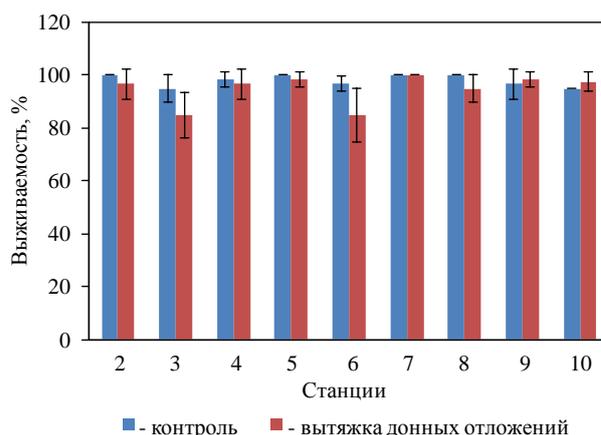


Рис. 3. Выживаемость личинок *A. salina* в вытяжках донных отложений разреза «Кольский меридиан»

эти вытяжки токсичными для *Ph. tricornutum*. Такой подход, когда в краткосрочных (2–7 сут) экспериментах о степени токсичности среды для культуры водоросли судят на основании результатов, полученных в последние сутки опыта, преобладает в методических документах [1, 6, 7]. Однако чередования состояний угнетения, временного восстановления и даже стимуляции биосистемы может рассматриваться в водной токсикологии как проявление элементов фазности токсического эффекта [8]. Полагают, что токсический эффект на каждом уровне биологической организации является результатом взаимодействия двух процессов: пассивной составляющей развития поражения и активного ответа системы [9]. В итоге в динамике токсического эффекта могут формироваться фазы первичных нарушений, компенсации или стимуляции и фаза финальной декомпенсации [8]. Стимуляцию или восстановление функции в таком случае можно рассматривать в качестве проявления временной адаптации к токсическому фактору.

Проявлением фазности в развитии токсического эффекта, возможно, обусловлено и существование гормезиса. Полагают, что химическое воздействие на организм порождает ответные адаптивно-компенсаторные реакции, которые, развиваясь по принципу упреждения, могут не только нейтрализовать негативный эффект воздействия, но и активизировать на пользу организма ресурсы, в обычных условиях не востребованные. Гормезис в таком случае рассматривается как естественная фаза токсического эффекта. Однако его количественное проявление зависит от взаимодействия «поражения» и компенсаторных реакций организма [10].

Загрязняющие вещества, обусловившие отрицательное воздействие отдельных вытяжек донных отложений на тест-объекты, могли поступать в район исследований вместе с водами Северо-Атлантического течения, несущего загрязнение от северо-европейских промышленных центров, в результате атмосферного переноса, а также со сбросами транспортных, рыболовных и военных судов. Следует отметить, что загрязнение накапливается в донных отложениях неравномерно. Уровень содержания поллютантов в донных отложениях зависит не только от их концентрации в водной среде, но и гидродинамических условий и рельефа дна, определяющих аккумуляцию осадочного материала, сорбционной емкости самих донных отложений и других факторов.

Таким образом, большинство вытяжек, полученных из донных отложений, отобранных на разрезе «Кольский меридиан», не оказывали негативного воздействия на тест-объекты, что свидетельствует о сохранении достаточно низкого уровня загрязнения морской среды. Установлена слабая токсичность для личинок *A. Salina* вытяжек донных отложений, отобранных на ст. 3 и 6. Для культуры водоросли *Ph. Tricornutum* исследованные вытяжки донных отложений не токсичны. Отмечено лишь ингибирование размножения клеток водоросли в первой половине эксперимента в вытяжках донных отложений ст. 5 и 9, сменившееся к концу эксперимента восстановлением или стимуляцией.

## Литература

1. ГОСТ 31960-2012 Вода. Методы определения токсичности по замедлению роста морских одноклеточных водорослей *Phaeodactylum tricornutum* Bohlin и *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve. – М.: Стандартинформ, 2014. – 40 с.
2. ГОСТ 31959-2012 Вода. Методы определения токсичности по выживаемости морских ракообразных. – М.: Стандартинформ, 2014. – 26 с.
3. Методика получения водных вытяжек из донных отложений для их биотестирования / Э.П. Щербань, О.М. Арсан, Т.Н. Шаповал, А.М. Цветкова, Ю.К. Пищолка // Гидробиол. журн. – 1994. – Т. 30. – № 4. – С. 100–111.
4. Арендарчук Т.А. Биологически активные вещества иловых отложений Днепра // Гидробиол. журн. – 1975. – Т. XI. – № 3. – С. 59–63.
5. Southam C.M., Ehrlich J. Effects of extracts of western red-cedar heart wood on certain wood-decaying fungi in culture // Phytopathology. – 1943. – V. 33. – P. 517–524.
6. Руководство по определению методом биотестирования токсичности вод, донных отложений, загрязняющих веществ и буровых растворов. – М.: РЭФИА, НИА–Природа, 2002. – 118 с.
7. ГОСТ Р 54496-2011 Вода. Определение токсичности с использованием зеленых пресноводных одноклеточных водорослей. – М.: Стандартинформ, 2012. – 53 с.
8. Филенко О.Ф. Некоторые закономерности действия химических веществ на водные организмы: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – М., 1990. – 36 с.
9. Филенко О.Ф. Динамика эффекта загрязняющих веществ в экотоксикологии // Токсикологический вестник. – 2001. – № 2. – С. 2–6.
10. Гершкович Д.М. Гормезис при действии потенциально токсичных веществ в пожизненных испытаниях (на примере *Ceriodaphnia affinis* Lilljborg): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 2012. – 22 с.

УДК 502/504(268.46)

**Н.В. Климовский, О.Н. Мохова, В.Г. Чернова, М.В. Каргин**

*Северный филиал ФГБНУ «Полярный научно-исследовательский институт  
морского рыбного хозяйства и океанографии имени Н.М. Книповича»,  
Архангельск, 163002  
klimovskiy@pinro.ru*

## **РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ВОДАХ БЕЛОГО МОРЯ**

Представлены результаты исследований, проведенных в Белом море осенью 2016 г. Приведены данные по содержанию в воде нефтяных углеводородов, тяжелых металлов (медь, цинк, кадмий, свинец), фенолов и алюминия. Представлены карты-схемы распределения загрязняющих веществ в поверхностном и придонном слоях воды. Выявлено, что в настоящее время загрязненность морских вод находится на сравнительно низком уровне.

**Ключевые слова:** Белое море, загрязняющие вещества, предельно допустимые концентрации.

**N.V. Klimovskiy, O.N. Mokhova, V.G. Chernova, M.V. Kargin**

*Northern branch of Knipovich Polar Research Institute  
of Marine Fisheries and Oceanography, Arkhangelsk, 163002  
klimovskiy@pinro.ru*

## **DISTRIBUTION OF POLLUTANTS IN WATERS OF THE WHITE SEA**

Results of the researches conducted in the White Sea in autumn 2016 are presented. Data on content in water of oil hydrocarbons, heavy metals (copper, zinc, cadmium, lead), phenols and aluminum are provided. Chart maps of the pollutant distribution in the surface and the bottom layers of water are presented. It is revealed that now impurity of sea waters is at a rather low level.

**Key words:** White Sea, polluting substances, maximum permissible concentration.

### **Введение**

Белое море является внутренним шельфовым водоемом Мирового океана, принимающим значительное количество химических веществ, которые находятся в растворенном и взвешенном состоянии. Это море служит барьером на пути их переноса в Северный Ледовитый океан. Исследование загрязнений этого моря является важной и актуальной темой. В Белом море наиболее распространенными загрязняющими веществами (ЗВ) являются нефтяные углеводороды (НУ), тяжелые металлы (ТМ) и фенолы. Основными природными источниками нефтяного загрязнения морской среды являются выходы нефти на дне моря и менее значительными источниками – эрозийные процессы. Важнейшими антропогенными источниками являются морской транспорт, военные корабли, суда различного назначения, реки и другие водные системы, куда ЗВ попадают с грунтовыми водами, а также в результате сброса сточных вод с различных береговых объектов [1].

Источниками ТМ в водоемах являются атмосферные осадки, промышленные отходы, естественная эрозия, стоки с почв, городские, промышленные и бытовые стоки и др. Увеличение концентраций ТМ в морских водах может быть связано с трансграничными переносами поллютантов, образующихся в результате антропогенной деятельности [2].

Фенолы являются одним из наиболее распространенных ЗВ, поступающих в природные воды со сточными водами нефтеперерабатывающих, лесохимических и др. предприятий. В природных условиях фенолы образуются при процессах метаболизма водных организмов, при биохимическом окислении и трансформации органических веществ, протекающих как в водной толще, так и в донных отложениях [2].

Алюминий попадает в природные воды естественным путем при частичном растворении глинистых минералов и алюмосиликатов, также в результате вредных выбросов отдельных производств (химиче-

ская, нефтеперерабатывающая промышленность, машиностроение, строительство и т. д.) с атмосферными осадками и сточными водами. Он оказывает разностороннее токсическое воздействие на теплокровные организмы [3].

В последние десятилетия на акватории и в прибрежных зонах Белого моря заметно возросла разнообразная хозяйственная деятельность, включая работы, связанные с транспортировкой углеводородного сырья. В связи с этим, наиболее эффективным инструментом для определения характера и масштабов воздействия хозяйственной деятельности на водную экосистему является мониторинг состояния ее различных элементов. Наличие мониторинговой информации дает возможность отслеживать существующие и возникающие процессы с негативными последствиями и на этой основе прогнозировать их развитие. Это, в свою очередь, позволяет сделать хозяйственную деятельность экологически оптимальной, разработать и реализовать эффективные природоохранные мероприятия.

### Материал и методы

Характеристика уровня загрязнения экосистемы Белого моря дана на основе исследований, проведенных Северным филиалом ФГБНУ «ПИНРО» на сети станций экологического мониторинга открытых районов Белого моря осенью 2016 г. В качестве ЗВ в воде был определен перечень загрязнителей, наиболее характерных для рассматриваемого морского объекта: нефтепродукты – во всех районах моря; ТМ, фенолы и алюминий – в Двинском и Онежском заливах. Отбор проб выполнялся на станциях, расположенных как в поверхностном, так и в придонном слоях воды: из поверхностного слоя пробы отбирались с помощью эмалированного 10-литрового ведра, из придонного – с помощью пластмассового 5-литрового батометра типа «Gydrobios» [4].

Для определения массовой концентрации НУ в воде применялся флуориметрический метод, основанный на экстракции их гексаном и измерении интенсивности флуоресценции экстракта на анализаторе жидкости «Флюорат-02» [5]. Для определения массовой концентрации алюминия и фенолов в пробах природных вод применяли также флуориметрический метод [6, 7]. Для определения массовой концентрации токсичных металлов в пробах природных вод использовался атомно-абсорбционный метод [8].

### Результаты и обсуждение

По данным исследований выявлено, что превышение предельно допустимой концентрации (ПДК) НУ для водоемов рыбохозяйственного назначения ( $0,05 \text{ мг/дм}^3$ ) наблюдалось только в поверхностных водах Мезенского залива на выходе из залива ( $0,061 \text{ мг/дм}^3$ ) и Воронки моря в пр. Орловская Салма у Горяиновской Кошки ( $0,083 \text{ мг/дм}^3$ ). В придонном горизонте превышений ПДК не наблюдалось, колебания составили от  $0,022 \text{ мг/дм}^3$  до  $0,044 \text{ мг/дм}^3$  (рис. 1).

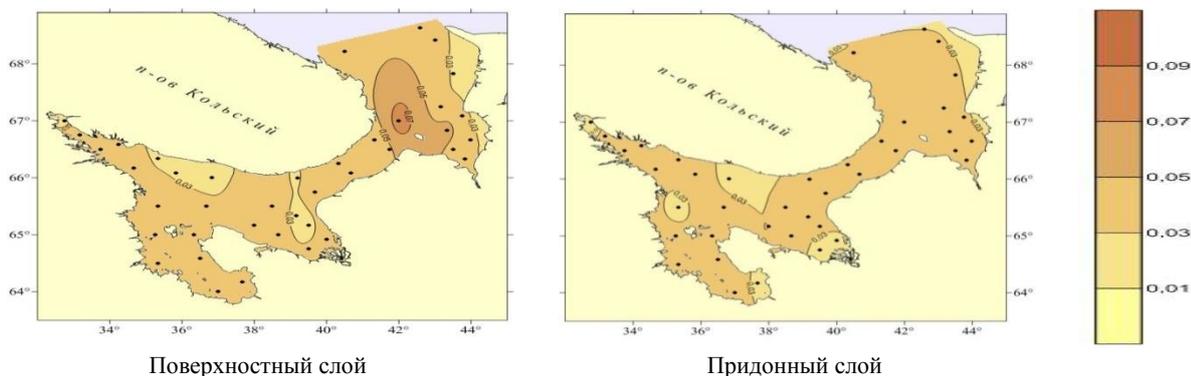


Рис. 1. Распределение нефтяных углеводородов ( $\text{мг/дм}^3$ ) в поверхностном и придонном слоях воды Белого моря осенью 2016 г.

Количество фенольных соединений в 2016 г. превышало ПДК ( $0,001 \text{ мг/дм}^3$ ) на всей обследованной акватории Двинского и Онежского заливов, колебания концентраций составили 2–4 ПДК (рис. 2).

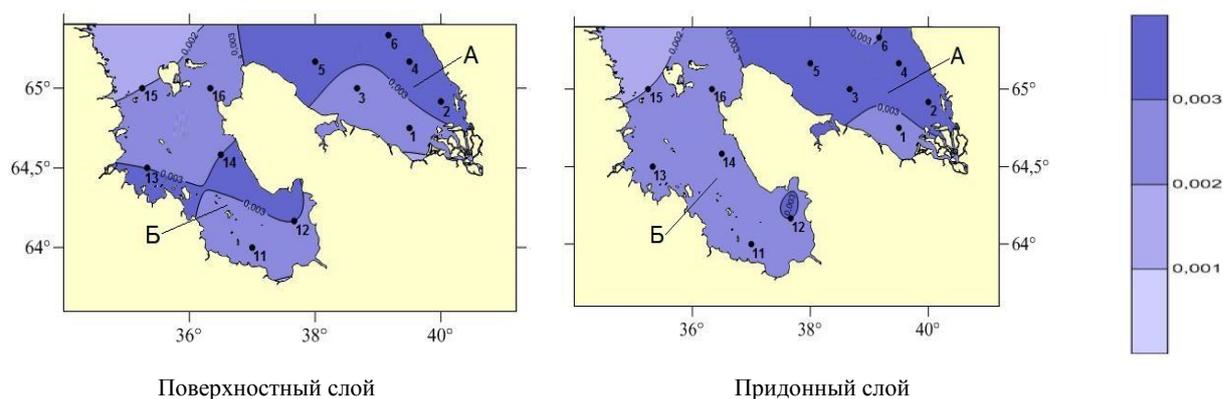


Рис. 2. Распределение фенолов ( $\text{мг/дм}^3$ ) в поверхностном и придонном слоях воды в Двинском (А) и Онежском (Б) заливах осенью 2016 г.

Основными источниками фенолов в заливах являются стоки рр. Северная Двина и Онега, а также сточные воды г. Архангельск, Северодвинск и Онега, кроме этого в морских водах встречаются фенольные соединения и природного происхождения.

Превышение в 2016 г. ПДК алюминия ( $0,04 \text{ мг/дм}^3$ ) выявлено в придонном слое воды на станции напротив м. Лопшеньгский Двинского залива ( $0,130 \text{ мг/дм}^3$ ), и незначительное повышение отмечено в поверхностных водах кутовой части Онежского залива ( $0,046 \text{ мг/дм}^3$ ) (рис. 3). Повышенное содержание алюминия в куту Онежского залива в осенний период связано, скорее всего, с последствиями деятельности Северо-Онежского бокситового рудника. В течение десятилетий происходило накопление алюминия в донных отложениях кутовой части залива. В результате штормов происходит взмучивание донных осадков, и в воде резко повышается содержание алюминия, которое не наблюдается при тихой погоде.

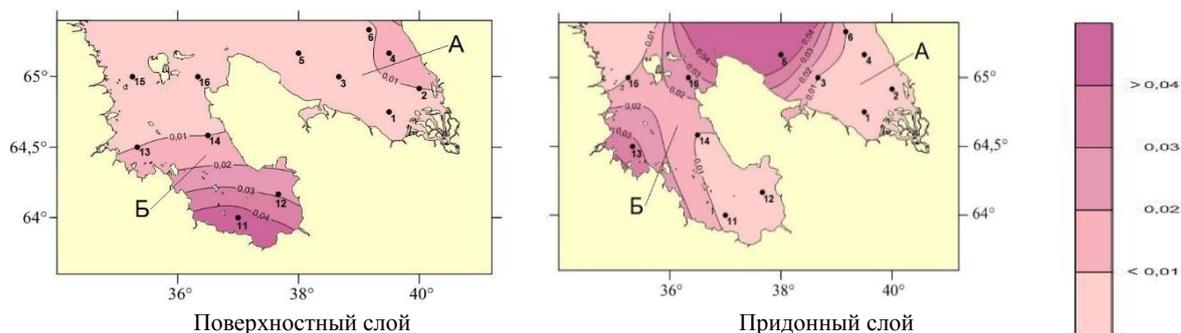


Рис. 3. Распределение алюминия ( $\text{мг/дм}^3$ ) в поверхностном и придонном слоях воды в Двинском (А) и Онежском (Б) заливах осенью 2016 г.

Концентрации ТМ в Онежском и Двинском заливах в 2016 г. в основном были или значительно ниже рыбохозяйственных ПДК или ниже пределов обнаружения применяемого метода анализа (табл.).

Таблица

Содержание тяжелых металлов ( $\text{мг/дм}^3$ ) в водах Двинского и Онежского заливов Белого моря осенью 2016 г.

Район	№ станции, горизонт	Медь	Цинк	Кадмий	Свинец
Двинский залив	1 поверхностный	<0,001	< 0,001	<0,0005	<0,005
	1 придонный	<0,001	< 0,001	<0,0005	<0,005
	2 поверхностный	<0,001	0,005	0,005	<0,005
	2 придонный	<0,001	< 0,001	<0,0005	<0,005
	3 поверхностный	<0,001	< 0,001	0,004	<0,005
	3 придонный	<0,001	< 0,001	<0,0005	<0,005
	4 поверхностный	<0,001	< 0,001	0,004	<0,005
	4 придонный	<0,001	< 0,001	<0,0005	<0,005
	5 поверхностный	<0,001	< 0,001	<0,0005	<0,005
	5 придонный	<0,001	< 0,001	<0,0005	<0,005
	6 поверхностный	<0,001	< 0,001	<0,0005	<0,005
	6 придонный	<0,001	< 0,001	<0,0005	<0,005

Окончание табл.

Район	№ станции, горизонт	Медь	Цинк	Кадмий	Свинец
Онежский залив	11 поверхностный	<0,001	0,003	<0,0005	<0,005
	11 придонный	<0,001	< 0,001	<0,0005	<0,005
	12 поверхностный	<0,001	< 0,001	<0,0005	<0,005
	12 придонный	<0,001	< 0,001	<0,0005	<0,005
	13 поверхностный	<0,001	< 0,001	<0,0005	<0,005
	13 придонный	<0,001	0,004	<0,0005	<0,005
	14 поверхностный	<0,001	< 0,001	<0,0005	<0,005
	14 придонный	<0,001	0,003	<0,0005	<0,005
	15 поверхностный	<0,001	< 0,001	<0,0005	<0,005
	15 придонный	<0,001	0,006	<0,0005	<0,005
Онежский залив	16 поверхностный	<0,001	< 0,001	<0,0005	<0,005
	16 придонный	<0,001	0,002	<0,0005	<0,005

Содержание меди было <0,001 мг/дм<sup>3</sup>, свинца – <0,005 мг/дм<sup>3</sup>, что не превышало ПДК для меди 0,001 мг/дм<sup>3</sup>, свинца – 0,006 мг/дм<sup>3</sup>. Количество цинка на большинстве станций было <0,001 мг/дм<sup>3</sup>, на некоторых станциях в придонных слоях изменялось от 0,002 мг/дм<sup>3</sup> до 0,006 мг/дм<sup>3</sup> (станция № 16 в пр. Восточная Соловецкая Салма и № 15 в пр. Западная Соловецкая Салма, соответственно), не превышая ПДК (0,01 мг/дм<sup>3</sup>). Концентрация кадмия в Онежском заливе оказалась ниже предела обнаружения методики <0,0005 мг/дм<sup>3</sup>, в Двинском заливе максимальное количество 0,005 мг/дм<sup>3</sup> отмечено в поверхностном слое его кутовой части, что соответствовало уровню ПДК для кадмия (0,005 мг/дм<sup>3</sup>).

### Выводы

Проведенные исследования показали, что в осенний период 2016 г. концентрации НУ в воде Белого моря были сравнительно низкими, а их незначительное превышение (ниже 2 ПДК) в некоторых районах не способно оказать негативного воздействия на условия развития его биоресурсов. Содержание фенольных соединений на обследованных акваториях Двинского и Онежского заливов превышало ПДК в 2–4 раза. Повышенное содержание фенолов может быть, как антропогенного (стоки рр. Северная Двина и Онега), так и природного характера, связанным с деструкцией водорослей.

Эпизодическое превышение алюминия относительно уровня ПДК связано с увеличением в осенний период числа штормов, под их воздействием происходит взмучивание донных отложений, и в результате десорбции в воду выделяется дополнительное количество алюминия.

Концентрации ТМ в Онежском и Двинском заливах в основном были или значительно ниже рыбохозяйственных ПДК, или ниже пределов обнаружения применяемого метода анализа.

Полученные количественные результаты содержания рассмотренных ЗВ указывают на сравнительно низкий уровень загрязнения вод Белого моря.

### Литература

1. Дурягина Е.Г. Нефтепродукты в морской среде // Ученые записки. РГМУ. – 2011. – № 17. – С. 122–130.
2. Зенин А.А., Белоусова Н.В. Гидрохимический словарь. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 239 с.
3. Шугалей И.В. Некоторые аспекты влияния алюминия и его соединений на живые организмы / И.В. Шугалей, А.В. Гарабаджиу, М.А. Илюшин, А.М. Судариков // Экологическая химия. – 2012. – Т. 21. – № 3. – С. 172–186.
4. ГОСТ 17.1.5.05-85 Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 12 с.
5. ПНД Ф 14.1:2:4.128-98 Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природных, питьевых, сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат -02». – М., 2012. – 25 с.
6. ПНД Ф 14.1:2:4.182-02 Методика выполнения измерений массовой концентрации фенолов в пробах природных, питьевых, сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат -02». – М., 2012. – 29 с.
7. ПНД Ф 14.1:2:4.181-02 Методика выполнения измерений массовой концентрации алюминия в пробах природных, питьевых, сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат -02». – М., 2010. – 25 с.
8. ФР.1.31.2007.03683 Методика выполнения измерений массовой долей токсичных металлов в пробах природных, питьевых и сточных вод атомно-абсорбционным методом. – М., 2007. – 12 с.

УДК 504.062

**С.Г. Коростелев**

*Всемирный фонд дикой природы в России,  
Москва, 109240  
e-mail: skorostelev@wwf.ru*

### **ПРОБЛЕМЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

Анализируются современные проблемы управления промыслом водных биоресурсов в морях России и предлагаются меры по их устранению.

**Ключевые слова:** общий допустимый улов, рекомендованный вылов, ННН-промысел, контрольный лов, выбросы.

**S.G. Korostelev**

*World Wildlife Fund,  
Moscow, 109240  
e-mail: skorostelev@wwf.ru*

### **PROBLEMS OF RATIONAL USE OF AQUATIC BIOLOGICAL RESOURCES IN THE CONTEMPORARY CONTEXT**

Contemporary problems of fishery management of living aquatic resources in the seas of Russia are analyzed and measures to eliminate them are proposed.

**Key words:** total allowable catch, recommended catch, IUU fishing, control fishing, emissions.

Одним из основных принципов государственного управления в области охраны и использования животного мира (ФЗ-52 «О животном мире» от 22.03.95), в т. ч. и водных биоресурсов, является обеспечение его устойчивого существования и устойчивого использования. В отношении водных биоресурсов данный принцип реализуется в виде ежегодного утверждения правительством РФ общих допустимых уловов (ОДУ) для основных промысловых видов. При этом тем же законом «О животном мире» определено, что материалы, обосновывающие объемы изъятия объектов животного мира, подлежат обязательной государственной экологической экспертизе. Таким образом, ОДУ – это инструмент управления, который с точки зрения науки позволяет без ущерба для популяций промысловых объектов ежегодно использовать максимально возможную часть их биомассы для хозяйственного использования. С другой стороны, этот инструмент государственного управления имеет еще одну важную составляющую, он позволяет поделить ОДУ на части (квоты) и обеспечить ими рыбодобывающие компании.

Проанализируем работоспособность инструмента государственного управления водными биологическими ресурсами (ВБР) с использованием ОДУ.

Со стороны рентабельности промысла отдельных видов:

– сверхрентабельные (промысел осетровых, крабов на Дальнем Востоке). ОДУ за счет криминального и промышленного браконьерства превышает в несколько раз, как инструмент, ограничивающий объемы вылова, абсолютно не действует. Раздел небольших объемов ОДУ на множество пользователей (камчатский краб в 2007 г.), получающих мизерные квоты, усложняет ситуацию, провоцируя к промышленному браконьерству. В связи с этим с 2008 по 2013 гг. был введен запрет на промышленный лов, с 2014 г. промысел возобновился в связи с восстановлением запасов;

– высокорентабельные (минтай, тихоокеанские лососи) за счет дополнительной высокоценной продукции – икры. ОДУ за счет всех видов браконьерства и выбросов низкорентабельного сырья превышает на 25–50%. Учет данных факторов при прогнозировании позволяет внести коррективы и занизить ОДУ [1]. Как инструмент управления вполне работоспособен, но начиная с 2009 г.,

когда финансирование отраслевой науки перешло от квот к реальным деньгам, практически прекратился «контрольный лов», который как раз и позволял реально оценивать все виды выбросов. Соответственно, такие поправки перестали вноситься в прогноз ОДУ;

Для минтая пятилетний, а затем и десятилетний раздел квот по долям от ОДУ стабилизировал ситуацию среди крупных предприятий (грешат в основном выбросами), а среди мелких, в рамках прибрежного рыболовства провоцирует промышленное браконьерство, кроме того появились «рыбаки в тапочках» – торговцы квотами.

Для тихоокеанских лососей с 2009 г. заработал механизм оперативного регулирования в рамках рекомендованного вылова (РВ), исключающего длительный процесс государственной экологической экспертизы. Дальнейшая либерализация промысла, особенно на Сахалине и Камчатке в виде «олимпийской системы», привела к значительному снижению промышленного браконьерства. Однако до сих пор высока доля криминального, бытового браконьерства и промысла под видом КМНС (коренных малочисленных народов Севера).

– низкорентабельные (сельдь, навага, камбалы, треска, терпуг). ОДУ в целом по районам если и превышает, то незначительно. Раздел квот между предприятиями по видам не учитывает многовидовой характер большинства промыслов этих объектов (за исключением тралового сельди и ярусного трески), что приводит к массовым выбросам видов, не указанных в разрешении на промысел;

– нерентабельные (ламинарии в прикамчатских водах, бычки, озерные сельди, мойва, кукумария и др.). ОДУ практически не осваивался и большинство объектов были переведены в категорию «неодуемых». Процесс перевода и возвращения происходит уже в течение 9 лет. Почему это происходит?

1. Эти квоты позволяют некоторым предприятиям под официальным прикрытием заниматься браконьерством.

2. Эти объемы используются для обеспечения минимальной загрузки на судно, что также обеспечивает промышленное браконьерство.

3. Квоты этих объектов используются также для уклонения от ряда статей правил рыболовства, касающихся специализированных промыслов.

4. За счет квот РВ довольно часто подменяются более ценные объекты промысла.

В данном аспекте необходимо проанализировать эффективность использования ОДУ. В качестве примера для сравнения возьмем промысел снюрреводом на МРС и промысел мотобота ставными сетями в Авачинском заливе. Для рентабельного промысла МРС с экипажем 8–10 человек должен выловить за сезон не менее 800–1000 т. На одного рыбака необходима квота в размере 100 т. Мотобот с экипажем 4–5 человек вылавливает за сезон 100–120 т. Квота на рыбака 25 т. Эффективность использования ОДУ для мотобота в четыре раза больше, чем для МРС. Из опыта работы известно, что маломерный флот из новостроя окупается в течение трех лет. Новых же судов класса МРС практически не появилось в последние годы.

В зависимости от принципа организации рыболовства:

– совместный промысел множества рыбопромышленников на акватории района. ОДУ и ВВ позволяет контролировать совместные промысловые усилия и, в случае необходимости, приостанавливать промысел. Раздел квот в зависимости от промысловой истории (количества судов) у предприятия обеспечивает наиболее рациональное освоение ОДУ, а ВВ освоить нерентабельные объекты.

Однако при прибрежном промысле в условиях Камчатского края из-за слаборазвитой береговой инфраструктуры ОДУ, определенный, к примеру, на всю Петропаловск-Командорскую подзону, осваивается в пределах возможности доставки улова на берег. В Авачинском заливе промысловый пресс чрезмерен, в Кроноцком в два раза ниже, а в Камчатском почти отсутствует. Это приводит даже к изменению структуры донных ихтиоценов [2, 3]. Следовательно, и ОДУ, и его доли в виде квот предприятий не работают как инструмент государственного управления в прибрежном рыболовстве Камчатки.

Благодаря оперативной работе комиссий по анадромным и ежедневной отчетности промысловиков, значительные переловы практически исключены, но переловы в отдельных реках случаются по нескольким причинам: несовершенная схема проходных дней в ряде водоемов; возможность легализации криминальных уловов рыб, миновавших промысел; запаздывание по времени оценки заполнения нерестилищ; практически неконтролируемый промысел КМНС.

## Предложения

В связи с невозможностью управления коммерческим промыслом сверхрентабельных объектов (осетровые, крабы) промысел – осуществлять в виде государственной монополии при сохранении ОДУ. В отношении осетровых де-факто это уже реализовано. Что касается промышленного лова крабов в Дальневосточном бассейне, то время выйти с данным предложением еще есть до 2018 г., когда будут закрепляться квоты за рыбохозяйственными предприятиями на следующий 15-летний период. На ДВ существует и краболовный флот в количестве до 100 ед., который уже конфискован в пользу государства и передан либо в аренду тем же криминальным браконьерам, либо стоит в портах, а государство несет огромные финансовые потери для его содержания, на базе которого вполне возможно создание госпредприятия для освоения ОДУ крабов.

Для учета выбросов на всех видах судового промысла необходимо создание эффективной и независимой системы наблюдателей, которые будут осуществлять сбор всей информации, касающейся экологического фона промысла, от выбросов некондиционного сырья до влияния на охраняемые виды. Эта информация крайне необходима для качественного прогнозирования ОДУ, реальных оценок ОВОС и значительно облегчит процессы MSC сертификации отечественных промыслов. Данную работу несложно возобновить, исключив из закона о рыболовстве запрет на переработку рыбы, пойманной в научных целях в рамках «контрольного лова».

Выбросы рыбного сырья возникают по ряду причин [4, 5]:

- в результате переработки основного объекта промысла. В среднем из 1,5 т сырца рыбы, поднятой на борт судна, получается не более 1 т мороженой продукции – это в основном рыба, мороженая без головы и внутренностей. Отходы переработки измельчают и отправляют за борт.

- прилова молоди основного объекта промысла, от которых рыбаки стараются избавиться немедленно, т. к. это рыба мелкая и стоимость ее низкая, а квота фиксирована;

- прилова других видов рыб, на которые установлены квоты, но на которые нет разрешения у конкретного судна;

- приловы низкоценных неквотируемых видов рыб.

По самым скромным оценкам отечественные рыбаки по данным причинам отправляют за борт не менее 1 млн т рыбного сырья. Данная ситуация в настоящее время сложилась в связи с учетом вылова сырца исходя из количества продукции, произведенной на судне в течение суток. Для изменения ситуации необходимо:

- ввести автоматический контроль улова непосредственно после его подъема на борт судна и его фиксацию автономными системами. Несколько подобных систем уже разработаны;

- законодательно запретить любые выбросы сырья на промысле, как это сделано в Норвегии, а в последнее время и в Евросоюзе;

- обязать все суда, имеющие переработку на борту, оснастить установками по производству рыбной муки, особенно это актуально в связи с реализуемой в настоящее время широкомащтабной программой обновления рыбопромыслового флота.

Не менее важно и то, что в настоящее время реализуются программы по масштабному увеличению производства рыбы в аквакультуре, а для этого необходимо производство комбикормов, одной из важнейших составляющих которых является рыбная мука.

## Литература

1. Буслов А.В., Бонк А.А., Варкетин А.П., Золотов А.О. Определение недоучета вылова минтая и сельди: методические подходы и результаты // Методические аспекты и исследования рыб морей Дальнего Востока: Тр. ВНИРО. – М.: ВНИРО, 2006. – Т. 146. – С. 322–328.

2. Коростелев С.Г., Василец П.М. Изменения в составе донных ихтиоценов на шельфе Авачинского, Кроноцкого и Камчатского заливов под влиянием промыслового пресса // Рациональное природопользование и управление морскими биоресурсами: экосистемный подход: Тез. докл. междунар. конф. – Владивосток: ТИПРО-центр, 2003. – С. 30–31.

3. Korostelev S.G., Vasilets P.M. Composition changes in the bottom biocenoses at the shelf of Kamchatka under the influence of fisheries // North Pacific Marine Science Organization Twelfth Annual Meeting. Program abstracts. – Seoul, Republic of Korea, 2003. – P. 45.

4. Голенкевич А.В. Классификация выбросов на промысле водных биологических ресурсов // Рыбное хозяйство. – 2014. – № 2 – С. 54–56.

5. Голенкевич А.В., Майсс А.А. Анализ причин выбросов на промысле водных биологических ресурсов // Рыбное хозяйство. – 2014. – № 5. – С. 36–39.

УДК 551.35(285.2:470.26)

**Е.В. Кривоpuskova, А.В. Соколов**

*Калининградский государственный технический университет,  
Калининград, 236022  
e-mail: katekrivopuskova@gmail.com*

### **ОЦЕНКА УДЕРЖАНИЯ БИОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ ВОДОСБОРНЫМ БАСЕЙНОМ ОЗЕРА ВИШТЫНЕЦКОГО (В ПРЕДЕЛАХ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ)**

С увеличением в последние годы туристической привлекательности Калининградской области появляется необходимость оценки возможной антропогенной нагрузки на прибрежные территории водных объектов, в особенности такого крупного и уникального для нашего региона, как Виштынецкое озеро. В рамках исследования проводилась предварительная оценка объемов поступления общего фосфора и общего азота с водосборной площади Виштынецкого озера (в пределах Калининградской области), а также оценка доли этих биогенов удерживаемой экосистемами водосборного бассейна озера. Проведенные исследования позволили на территории водосборного бассейна озера выделить три крупных суббассейна, отличающихся уровнями антропогенной нагрузки, степенью биогенной нагрузки и возможностью удержания части поступающих в озеро биогенных веществ на своей территории. Полученные данные показали, что российская часть водосборного бассейна озера имеет наиболее низкий уровень антропогенной нагрузки и высокий потенциал удержания биогенных веществ, по сравнению с другими частями водосбора, что согласуется с общим экологическим состоянием данного района.

**Ключевые слова:** водосборный бассейн, удержание, антропогенная нагрузка, озеро Виштынецкое, общий азот, общий фосфор.

**E.V. Krivopuskova, A.V. Sokolov**

*Kaliningrad State Technical University,  
Kaliningrad, 236022  
e-mail: katekrivopuskova@gmail.com*

### **EVALUATION OF NUTRIENT RETENTION BY THE CATCHMENT BASIN OF LAKE VISHTYNETSKOE (WITHIN THE KALININGRAD REGION)**

Due to increasing tourist attractiveness in the Kaliningrad region in recent years there is a need to assess possible anthropogenic load on the coastal areas of water bodies, especially such large and unique for our region as Lake Vishtynetskie. In the study a preliminary assessment of the volume of total phosphorus and total nitrogen entering from the catchment area of Lake Vishtynetskie (within the Kaliningrad Region), as well as an estimate of the proportion of nutrients retained by ecosystems of catchment basin of the lake were carried out. The research allowed dividing the territory of the catchment basin of the lake into three major sub-basins. They differ in levels of anthropogenic stress and nutrient load as well as an ability to hold the part of the volume of nutrients coming into the lake in the territory. The data showed that the Russian part of the catchment basin of the lake has the lowest level of anthropogenic load and high retention capacity for nutrients compared to other parts of the watershed which is consistent with the overall ecological condition of this area.

**Key words:** catchment basis, retention, anthropogenic load, the lake Vishtynetskie, total nitrogen, total phosphorus.

### **Введение**

В последние десятилетие увеличивающиеся процессы антропогенной трансформации ландшафтов поставили особенно остро вопрос о сохранении естественных экосистем. В особенности это касается сохранения водных экосистем как наименее устойчивых к «внешнему» антропогенному воздействию.

Увеличивающиеся процессы урбанизации прибрежных зон водных объектов привели к росту объемов поступления органических и биогенных веществ, что приводит к изменениям гидрологического и гидрохимического режимов экосистемы, к повышению ее трофического статуса.

«Приемный водоем» собирает в себя стоки, поступающие с различных подстилающих поверхностей на всем протяжении водосборной площади, которые в свою очередь поступают на водосбор от различных источников, в т. ч. и естественных. Процессы урбанизации на водосборной площади приводят к увеличению не только количества источников антропогенной нагрузки, но и к увеличению объемов поступления загрязняющих веществ, независимо от уровня используемых природоохранных технологий.

Важным аспектом оценки влияния хозяйственной деятельности человека на пресноводные экосистемы является расчет удержания биогенных веществ водосборным бассейном водного объекта [1, 2]. Данный показатель важен при разработке планов управления прибрежными зонами водоемов и водосборной площади в целом, а также оценки экологического состояния самого водного объекта и прилегающих территорий. Оценка удержания биогенных веществ водосборным бассейном позволяет определить объемы общего азота и общего фосфора, задерживающиеся на водосборной площади, из общего объема поступающих в водоем биогенных веществ.

Озеро Виштынецкое благодаря своим морфометрическим и гидрологическим характеристикам является для Калининградской области уникальным водоемом [3]. Еще одной отличительной особенностью этого водоема, что в то же время выступает и проблемой для исследователей, является его особый законодательный статус.

Озеро Виштынецкое является трансграничным водоемом после вступления в силу Федерального закона от 09.06.2003 № 72 «О ратификации договора между Российской Федерацией и Литовской Республикой о Российско-Литовской государственной границе». Согласно договору водоем разделен государственной границей на две части: российскую (80,7%) и литовскую (19,3%). Водосборный бассейн озера Виштынецкого в результате особенного геополитического расположения Калининградской области располагается на территории трех государств (Российской Федерации, Республики Польша и Литовской республики) [3].

Особенное геополитическое положение, уникальные для Калининградской области морфометрические и гидрологические показатели, а также уникальная фауна и флора делает это место привлекательным с точки зрения развития крупной рекреационной зоны, что в свою очередь может привести к повышению трофического статуса озера и деградации уникальных для нашего региона популяций пресноводных представителей арктического фаунистического комплекса: европейской ряпушки и сига.

Оценка возможного удержания биогенных веществ водосборной площадью озера Виштынецкого позволит определить рамки возможной трансформации природного ландшафта (изменение соотношений естественных и урбанизированных территорий), определить рекреационный потенциал водосбора, а также может использоваться в разработке комплексных планов развития данной территории с учетом ее геополитических особенностей.

### Материал и методика

Материалом для исследования послужили данные, полученные с использованием программного обеспечения ArcGIS, позволяющего использовать географическую информацию для проведения полного анализа состояния водосборного бассейна оз. Виштынецкого с учетом исторических изменений особенностей хозяйственной деятельности человека, а также получить необходимые для расчетов удержания параметры (площадь сельскохозяйственных угодий, площадь городов, данные о распределении природных территорий).

Для оценки удержания использовалась математическая модель, предложенная в работах С.А. Кондратьева, которая разрабатывалась в соответствии с рекомендациями и материалами ХЕЛКОМ [2].

Расчет удержания производился по формуле [4–6]:

$$L_{ret} = R_r * L_{tot}, \quad (1)$$

где  $R_r$  – безразмерный коэффициент удержания,  $L_{tot}$  – биогенная нагрузка на водосбор (т/год).

Биогенная нагрузка на водосбор ( $L_{tot}$ ) представляет собой суммарную нагрузку от всех возможных источников поступления биогенных соединений, расположенных на водосборной площади, и включает нагрузку, сформированную точечными источниками, поступление биогенных

веществ с различных типов подстилающей поверхности, нагрузку от сельского хозяйства и массообмен с атмосферным воздухом, и рассчитывалась согласно модели биогенной нагрузки ILLM (Institute of Limnology Load Model) [6], которая предназначена для расчета внешней нагрузки общим азотом и общим фосфором на водные объекты со стороны водосбора и апробирована на водных объектах Калининградской и Ленинградской областей [2].

### Результаты

Рассчитанная с помощью программы ArcGIS площадь водосборного бассейна оз. Виштынецкого составляет 281,9 км<sup>2</sup> (рис. 1). Данная территория располагается в пределах Сувалкской возвышенности, на ее северо-западной части и отличается относительно высокими перепадами высот по сравнению с остальной частью Калининградской области.



Рис. 1. Водосборный бассейн озера Виштынецкого

В результате особого географического положения водосборный бассейн располагается на территории трех государств: Российской Федерации, Республики Польша и Литовской республики. Эта особенность в совокупности с социально-экономическими и экологическими данными позволяет выделить в пределах водосборной площади озера три суббассейна (рис. 2), различающиеся как по уровню трансформации естественного ландшафта, формирующего естественную нагрузку на водоем, так и по степени урбанизации, которая в свою очередь определяет качественные и количественные показатели источников прямой и косвенной антропогенной нагрузки. Границы выделенных областей в пределах водосборного бассейна совпадают с государственными границами.

Первая выделенная область водосборного бассейна – первый суббассейн – располагается в пределах территории Российской Федерации. Он занимает около одной четверти от всей водосборной площади (22,7%).

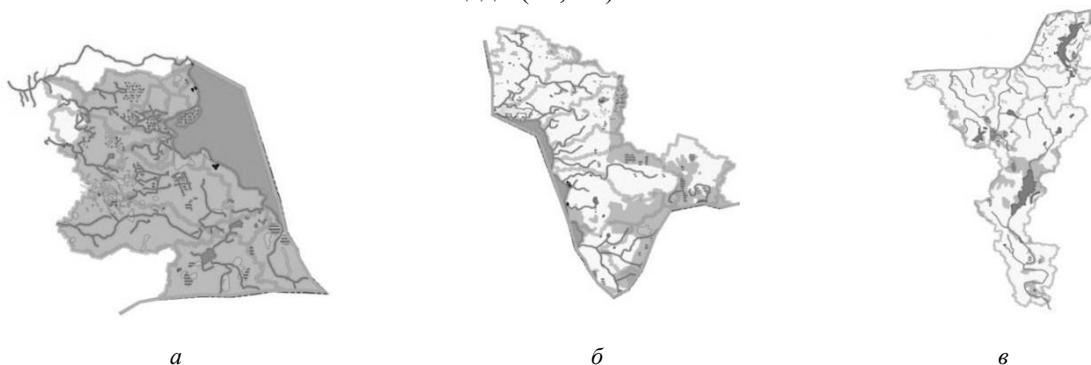


Рис. 2. Суббассейны, выделенные в границах общей водосборной площади озера Виштынецкого  
а – первый суббассейн (российская территория); б – второй суббассейн (литовская территория);  
в – третий суббассейн (польская территория)

Согласно исследованиям Н.С. Белова [3] эту территорию можно охарактеризовать как территорию со слабой степенью остроты геоэкологической ситуации, для которой характерна высокая лесистость (97%), хорошо развитая гидрографическая сеть, средняя степень заболоченности территории (10%). Степень сельскохозяйственной освоенности можно оценить как низкую (распаханность 0,5–1%), в основном это подсобные хозяйства на территории трех сельских поселений. В границах первого суббассейна отсутствуют населенные пункты и промышленные предприятия. В последние пять лет в прибрежной части активно развивается рекреационная зона. В общей сложности на побережье функционируют пять баз отдыха, способные одновременно разместить до 300 человек, и один детский оздоровительный лагерь с возможностью принятия до 200 человек за смену.

Второй суббассейн располагается в границах литовской части водосбора. Данный суббассейн занимает вторую четверть водосборной площади (25,3%). Эту территорию можно охарактеризо-

вать как холмистую область с относительно низкой степенью лесистости (10–15%), низкой степенью заболоченности, в основном заболоченные участки приурочены к лесным массивам. В прибрежной зоне располагаются две крупные базы отдыха и населенный пункт Виштынец. Третий суббассейн совпадает с границами водосборного бассейна оз. Виштынецкого на территории Республики Польша. Польский суббассейн занимает почти 52% от всей водосборной площади озера. Это наиболее высоко урбанизированная территория по сравнению с предыдущими двумя суббассейнами (плотность населения 30 чел./км<sup>2</sup>, присутствует хорошо развитая дорожная сеть). Лесистость этого района не превышает (5–7%), при этом леса представлены не крупными массивами, а разряженными посадками.

Сельскохозяйственная освоенность территории высокая. Более 70% территории занимают сельскохозяйственные поля, животноводческие комплексы и агрофермы. К основным выращиваемым сельскохозяйственным культурам в данном суббассейне относят: картофель, злаковые, рапс, кукуруза. В животноводстве до 90% занимают крупный рогатый скот.

Сельскохозяйственная освоенность территории высокая. Более 70% территории занимают сельскохозяйственные поля, животноводческие комплексы и агрофермы. К основным выращиваемым сельскохозяйственным культурам в данном суббассейне относят: картофель, злаковые, рапс, кукуруза. В животноводстве до 90% занимают крупный рогатый скот.

Проведенный анализ данных показал, что ежегодно с территории водосбора оз. Виштынецкого поступает до 4,5 тыс. т общего азота и до 1,8 тыс. т общего фосфора, из них в пределах водосбора удерживается 2,6 тыс. т азота и лишь 310 т общего фосфора.

В общий объем биогенного стока первый суббассейн привносит лишь около 7 т общего азота и 0,25 т общего фосфора (рис. 3). Анализ составляющей биогенной нагрузки на исследуемый район, показал наличие в ней большого процента естественной составляющей (до 70%), что связано с преобладанием на данной территории естественного ландшафта.

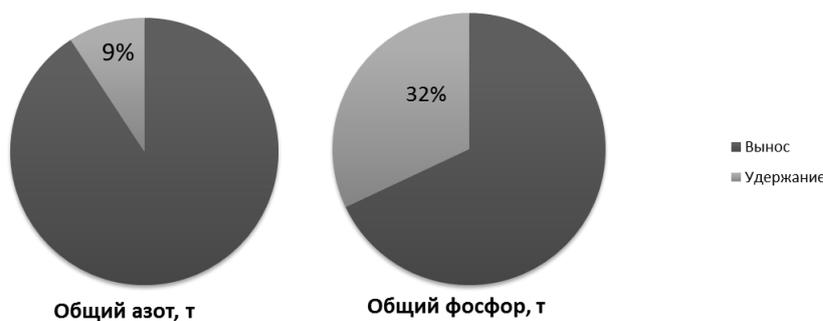


Рис. 3. Биогенная нагрузка на первый суббассейн озера Виштынецкого

Из-за низкого уровня развития сельского хозяйства на данной территории полностью отсутствует поступление биогенов от этого вида деятельности. Основной источник поступления общего азота и общего фосфора – это рекреационная деятельность. На нее приходится до 90% всего стока.

Биогенная нагрузка с российской части водосбора не превышает 1% от общей биогенной нагрузки. В то же время водосборный бассейн удерживает до 60% всех соединений фосфора и азота, что говорит о высокой устойчивости данной территории к антропогенной нагрузке.

Низкая степень антропогенной нагрузки на естественные ландшафты обеспечивает высокую степень удержания биогенных элементов, в особенности общего фосфора (32%).

### Выводы

Проанализировав полученные результаты, можно сделать следующие выводы:

- общая фосфорная нагрузка с учетом удержания составляет примерно 1,4 тыс. т общего фосфора в год, при расчетной критической нагрузке 6,2 тыс. т (данные в печати);
- с территории российской части бассейна озера Виштынецкого поступает до 15% общего азота и менее 1% общего фосфора, что свидетельствует о низкой антропогенной нагрузке;
- суббассейн, располагающийся на территории Российской Федерации, отличается наиболее низкой степенью биогенной нагрузки, наибольший уровень биогенной нагрузки отмечается в целом для третьего суббассейна.

Полученные данные свидетельствуют о наличии высокого потенциала у российской части водосборной площади оз. Виштынецкого к аккумуляции и трансформации биогенных веществ без увеличения темпов эвтрофикации «приемного» водоема. Проведенная оценка уровня биогенной нагрузки свидетельствует об отсутствии необходимости лимитирования развития

рекреационной зоны в границах первого суббассейна. Однако при разработке планов развития этой территории, учитывая уникальность оз. Виштынецкого (единственный олиготрофный водоем на территории Калининградской области) и уязвимость его экосистемы, необходимо установить жесткий контроль за всеми точечными источниками поступления биогенных веществ в озеро и проводить ежегодный мониторинг состояния экосистемы для исключения значительного превышения объемов биогенной нагрузки над способностью водосбора к удержанию ее части и увеличению темпов эвтрофикации.

### Литература

1. *Россолимо Л.Л.* Изменение лимнических экосистем под воздействием антропогенного фактора / Л.Л. Россолимо; АН СССР, Ин-т географии. – М.: Наука, 1977. – 144 с.
2. *Кондратьев С.А.* Формирование внешней нагрузки на водоемы: проблемы моделирования. – СПб.: Наука, 2007. – 253 с.
3. Озеро Виштынецкое / Отв. ред. Тылик К.В., Шибяев С.В. – Калининград: Изд-во «ИП Мишуткина И.В.», 2008. – 144 с.
4. *Behrendt H., Opitz D.* Retention of nutrients in river systems: dependence on specific runoff and hydraulic load // *Hydrobiologia*. – 1999. – 410. – P. 111–122.
5. *Behrendt H., Dannowski R.* Nutrients and heavy metals in the Odra River system. – Weissensee Verlag Publ., Germany, 2007. – 337 p.
6. *Кондратьев С.А., Казмина М.В., Шмакова М.В., Маркова Е.Г.* Метод расчета биогенной нагрузки на водные объекты // *Региональная экология*. – 2011. – № 3–4. – С.50–59.
7. *Белов Н.С.* Оценка геоэкологической ситуации в речных бассейнах Калининградской области с применением геоинформационных технологий: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – Калининград, 2011. – 23 с.
8. *Кривошусова Е.В., Соколов А.В.* Источники антропогенной нагрузки на озеро Виштынецкое в пределах его водосборного бассейна // IV Балтийский форум. Междунар. науч. конф. «Водные биоресурсы, аквакультура и экология». – Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2016. – С. 43–46.

УДК 546.42+546.36

**Р.А. Ляндзберг**

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

### **КАКОЙ РАДИОИЗОТОП ОПАСНЕЕ: СТРОНЦИЙ-90 ИЛИ ЦЕЗИЙ-137?**

В статье рассмотрены основные характеристики двух наиболее распространенных изотопов, образующихся при делении ядерного горючего – стронция-90 и цезия-137, показано, в чем они схожи между собой, а в чем принципиально различаются. Рассмотрена их подвижность в экологических цепях природной среды и их влияние на человеческий организм, произведено сравнение опасности их воздействия на природную среду.

**Ключевые слова:** период полураспада, бета-распад, метаболизм изотопов, внешнее и внутреннее облучение, период полувыведения изотопов из организма, предельно допустимые уровни содержания изотопов в продуктах питания, пищевые цепочки изотопов.

**R.A. Lyandzberg**

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

### **WHAT RADIOISOTOPE IS MORE DANGEROUS: STRONTIUM-90 OR CAESIUM -137?**

The article deals with characteristics of two most widespread isotopes which are formed by fission of nuclear fuel – strontium-90 and caesium-137. Their similarities and fundamental differences are shown. Their mobility in ecological chains and their influence on a human body are considered, comparison of danger of their impact on the environment is made.

**Key words:** half-life period, beta decay, metabolism of isotopes, external and internal radiation, biological half-life, maximum permissible levels of isotope content in food, food chains of isotopes.

Считается, что из всех продуктов деления ядерного горючего в ЯЭУ (ядерных энергетических установках) наибольшую опасность для окружающей среды и здоровья людей представляют радиоизотопы стронций-90 и цезий-137. Это вызвано тем, что, во-первых, оба этих изотопа находятся на двух пиках зависимости, характеризующей процент выхода продуктов деления от массового числа образовавшихся ядер, и во-вторых, тем, что оба этих изотопа имеют сравнительно большой период полураспада (порядка 30 лет), т. е. их убыль естественным путем протекает медленно.

Если в первый момент после деления ядерного горючего – урана-235 на долю этих изотопов приходится почти половина суммарной активности осколков деления, то после прекращения на планете наземных ядерных взрывов в 1962 г. их количество в природной среде уменьшилось примерно в 3,5 раза, что, учитывая их высокие начальные концентрации, не позволяет считать безопасными их оставшиеся части.

В настоящее время, поскольку ядерные взрывы в открытой среде запрещены (нарушает этот запрет только КНДР, но мощь ее ядерных зарядов невелика), основным источником попадания изотопов стронция-90 и цезия-137 в природную среду являются выбросы с атомных энергетических станций. При нормальной работе АЭС эти выбросы ничтожно малы, однако в аварийных ситуациях они могут достигать огромных значений. Так, при Чернобыльской катастрофе в 1986 г. суммарный выброс радионуклидов составил величину порядка 10 миллионов кюри, что

привело к загрязнению территории в областях России, Украины и Белоруссии общей площадью более 20000 квадратных километров [1]. Так как вклад изотопов стронция-90 и цезия-137 в общую величину загрязнения вследствие их медленного распада остается весьма значительным, эти земли до сих пор считаются опасными для постоянного проживания людей.

Поскольку по количеству образующихся радионуклидов и по скорости распада между стронцием-90 и цезием-137 разницы практически нет, значит степень их опасности для живых организмов будет определяться следующими их важнейшими характеристиками: типом и цепочкой их распада, а главное – метаболизмом в окружающей среде и при попадании внутрь человеческого организма.

Стронций-90 распадается путем бета-распада с испусканием электронов сравнительно небольшой энергии, но образующийся его дочерний изотоп иттрий-90 при распаде испускает жесткие бета-частицы с энергией 2,3 Мэв. Ионизирующая способность таких частиц довольно велика, а их пробег в мягких тканях составляет 10–12 см, что делает их весьма опасными, особенно при внутреннем облучении.

Цезий-137 при бета-распаде с невысокой энергией превращается в барий-137, который, переходя в основное состояние, испускает сравнительно мягкие гамма-кванты с энергией 0,66 Кэв. Проникающая способность у них выше, чем у бета-частиц, но их невысокая энергия значительно снижает их ионизирующее действие.

Таким образом, с точки зрения радиационной опасности для окружающей среды и живых организмов, определяемой типом радиоактивного распада, стронций-90 безусловно превосходит цезий-137. Однако еще более важным фактором в этом вопросе являются процессы метаболизма данных радионуклидов в окружающей среде и внутри живых организмов.

Стронций-90, являясь химическим аналогом кальция, обладает высокой подвижностью в экологических цепочках природной среды. Выпадая на поверхность земли с осадками, стронций-90 повторяет за кальцием все цепочки переходов. Его пищевые цепочки выглядят следующим образом:

атмосфера – почва – растения – жвачные животные – человек;

атмосфера – водоемы – питьевая вода – человек;

атмосфера – водоемы – гидробионты – рыба – человек.

В итоге стронций-90 попадает во все основные пищевые продукты – хлебопродукты, молоко, мясо животных, рыбу, фрукты и овощи, причем по мере продвижения по цепочке концентрация стронция-90 многократно возрастает, например, в костях рыб она в десятки тысяч раз больше, чем в воде водоемов, где они обитают.

Растворимые формы соединений стронция хорошо всасываются в желудочно-кишечном тракте и, следуя за кальцием, накапливаются в костях (костном мозге). Красный костный мозг – основная кроветворная ткань нашего организма особенно чувствительна к радиоактивному облучению, что приводит к таким трудноизлечимым болезням, как лучевые остеосаркомы и лейкозы крови. К сожалению, действенных способов выведения стронция-90 из организма до сих пор нет, а эффективный период полувыведения, основанный на естественных процессах, составляет для этого радионуклида 15 лет [2].

Цезий-137, будучи аналогом калия, активно участвует во всех обменных процессах и, попадая внутрь организма, быстро проникает в кровь и затем через лимфатическую систему равномерно распределяется по внутренним органам и мягким тканям. Примерно 80% цезия-137 находится в мышцах и не более 7% в скелете, выводится он из организма через почки и кишечник. Биологический период полувыведения цезия-137 из организма в среднем принято считать равным 70 суткам [3].

Основываясь на приведенных фактах, можно предложить методы защиты от вредного воздействия данных радионуклидов. Прежде всего, следует избегать попадания этих изотопов в человеческий организм, контролируя их содержание в продуктах питания и питьевой воде. Образование воздушных аэрозолей для них маловероятно, поскольку оба изотопа ионодисперсны и не склонны к коллоидообразованию [4]. Поэтому необходим эффективный санитарно-радиобиологический контроль с использованием соответствующих методик и приборов.

В случаях попадания стронция-90 и цезия-137 внутрь организма меры защиты сводятся к стимуляции процессов их выведения, которые основаны на их химических свойствах. Так, для выведения стронция-90 следует принимать внутрь продукты с повышенным содержанием каль-

ция, способного замещать стронций в костных тканях. К ним относятся специальные препараты кальция с поливитаминами, молоко и молочные продукты, куриные яйца и особенно яичная скорлупа (необходимо только убедиться, что она сама в свою очередь не содержит повышенные концентрации стронция-90).

Для выведения цезия-137 используют продукты с повышенным содержанием калия (горох, фасоль, бобовые, сухофрукты, особенно курага и изюм), минеральные воды и мочегонные средства, т. е. все то, что интенсифицирует обменные процессы в организме [5].

В заключение следует привести принятые в России допустимые уровни содержания изотопов стронция-90 и цезия-137 в продуктах питания и питьевой воде (СанПиН 2.3.2.1078-01). Уровни изотопов указаны в Бк/кг и Бк/л (Бк – это один радиоактивный распад в секунду). В числителе приводятся цифры для стронция-90, в знаменателе для цезия-137:

Зерно, крупы – 40/70, хлеб и хлебопродукты – 20/40, картофель и овощи – 40/120, фрукты – 30/50, мясо и мясные продукты – 50/160, рыба и рыбопродукты – 100/150, молоко – 25/100, питьевая вода – 2/5.

Как видно, допустимые уровни для стронция-90, как правило, в 2–4 раза ниже, чем для цезия-137. Это убедительно подтверждает изложенные выше данные, свидетельствующие о том, что из двух основных радионуклидов, загрязняющих природную среду, стронций-90 для здоровья живых организмов представляет значительно большую опасность, чем цезий-137.

### Литература

1. Цыб А.Ф., Иванов В.К. Медицинские радиологические последствия Чернобыля для населения России. – М.: Медицина, 2002. – 392 с.
2. Бударников В.А. Радиобиологический справочник. – Минск: Урожай, 1992. – 336 с.
3. Василенко И.Я. Радиоактивный цезий-137 // Природа. – 1999. – № 3. – С. 70–76.
4. Ляндзберг Р.А. Ингибиторы сорбции в атомной технике. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2013. – 127 с.
5. Василенко И.Я. Цезий-137 в продуктах питания // Вопросы питания. – 1988. – № 4. – С. 4–11.

УДК 595.44 (571.66)

**Е.М. Ненашева**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: siuakoatl@gmail.com*

**ИЗУЧЕНИЕ ФАУНЫ ПАУКОВ (ARACHNIDA: ARANEI) ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ  
ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ КАМЧАТКИ КАК ЭТАП ПОНИМАНИЯ  
СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ  
ЭТАЛОННЫХ ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ РЕГИОНА**

В работе дается краткий обзор изученности фауны пауков (Arachnida: Aranei) на особо охраняемых природных территориях, приводятся предпосылки научной значимости такого изучения; обрисовываются перспективы дальнейшей работы в данном направлении фаунистических исследований на ООПТ Камчатки.

**Ключевые слова:** фауна пауков, неарктические виды, ООПТ, Камчатка.

**Е.М. Nenasheva**

*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: siuakoatl@gmail.com*

**STUDYING THE FAUNA OF SPIDER (ARACHNIDA: ARANEI) OF THE SPECIAL  
PROTECTED NATURE AREAS IN KAMCHATKA AS A STAGE  
OF UNDERSTANDING OF THE CURRENT STATUS OF BIOLOGICAL DIVERSITY  
OF THE MODEL NATURE COMPLEXES IN THE REGION**

A brief overview of researching the spider (Arachnida: Aranei) fauna in the special protected nature areas is given; scientific background of this research is suggested; prospects for the further work in the direction of faunistic studies in special protected areas of Kamchatka are outlined.

**Key words:** spider fauna, Nearctic species, special protected nature areas, Kamchatka.

**Введение**

Отряд пауков (Aranei) принадлежит к классу паукообразных (Arachnida) подтипа хелицеро-вых (Chelicerata) типа членистоногих (Arthropoda). К настоящему времени, согласно последним фаунистическим сводкам, в мировой фауне в целом насчитывается свыше 46000 видов пауков. По числу видов среди наземных беспозвоночных они уступают только родственному отряду клещей (Acari) и пяти крупнейшим отрядам насекомых: жукам (Coleoptera), бабочкам (Lepidoptera), клопам (Heteroptera), двукрылым (Diptera) и перепончатокрылым (Hymenoptera).

Большое значение имеют исследования фауны пауков на ООПТ как эталонных образцах различных ландшафтов и биотопов. К пониманию важности такой работы арахнологи пришли еще в середине XX в. В табл. 1 приведены основные обобщенные данные об исследованиях локальных аранеофаун ООПТ, проводимых с начала 1950-х годов в разных регионах планеты, выявленные нами на основании литературных источников [1; 5–26].

Пионерные мировые исследования аранеофаун на различных ООПТ мира

Год	Исследователи	Страна	ООПТ
1951	Н. С. Ажеганова	СССР	Лесо-степной заповедник Троицкий
1955	L. R. Lewi, H. W. Lewi	США	Waterton and Glacier National Parks
1955	D. C. Lowrie, W. J. Gertsch	США	Grand Teton Park
1976	А. С. Уточкин, Н. М. Пахоруков	СССР	Печеро-Ильчский заповедник
1980	К. Густафссон, А. Хольм	Швеция	Forest-Middus National Park
1981	Loksa, I.	Югославия	Hortobagy National Park
1981	Т. И. Олигер	СССР	Лазовский государственный заповедник
1985	В. Я. Фет	СССР	Хасардагский заповедник
1992	В. Е. Гурьянова	СССР	Заповедник «Аскания-Нова»
1992	Д. В. Логунов	СССР	Большехецирский заповедник
1995	Д. В. Логунов, Ю. М. Марусик	Россия	Сохондинский государственный заповедник
1997	J. Kupryjanowicz	Польша	Biebrza National Park
2000	Y. J. Zhang, Z. C. Pan, L. J. Tong, S. H. Zhu	Китай	Ningbo Tiantong Forest Park
2003	В. Н. Patel	Индия	Parambikulam Wildlife Sanctuary
2004	А. В. Танасевич, Л. А. Триликаускас	Россия	Буреинский заповедник
2004	C. A. Rheims, A. D. Brescovit	Малайзия	Kimabalu National Park
2004	А. В. Пономарев, А. С. Цветков	Россия	Государственный заповедник «Ростовский»
2006	A. Calixto, H. W. Lewi	США	Tinigua National Park, Colombia
2007	Н. М. Ковблюк	Украина	Карадагский природный заповедник
2008	С. Л. Есюнин, Д. К. Казанцев	Россия	Печеро-Ильчский заповедник
2009	C. Hervé, C. Rollard	Франция	Parc national du Mercantour
2010	S. Sen, S. Saha, D. Rauchaudhuri	Индия	Bandhavgarh National Park
2014	Е. М. Ненашева, В. В. Зыков	Россия	Природный парк «Вулканы Камчатки»
2016	А. А. Нехаева	Россия	Кольский заповедник

На Камчатке (как видно из приведенной выше таблицы) целенаправленные исследования фауны пауков (Arachnida: Araneae) не проводились вплоть до начала нынешнего века. С 2012 г. до настоящего времени такие исследования проводятся автором на территории ООПТ регионального значения «Природный парк «Вулканы Камчатки»», входящего в список Всемирного природного наследия ЮНЕСКО.

### Материалы и методы

За период 2012–2016 гг. в ходе полевых и последующих камеральных исследований нами было выявлено порядка 300 видов пауков, относящихся к 148 семействам и 17 родам (Agelenidae, Araneidae, Cheiracanthiidae, Clubionidae, Dictynidae, Gnaphosidae, Hahnidae, Linyphiidae, Liocranidae, Lycosidae, Philodromidae, Pisauridae, Salticidae, Tetragnathidae, Theridiidae, Thomisidae, Zoridae). Видовое соотношение является типичным для северных территорий, где суммарно доминирующими являются пауки семейства Linyphiidae (свыше 50% всей аранеофауны), что отражено на рис. 1.

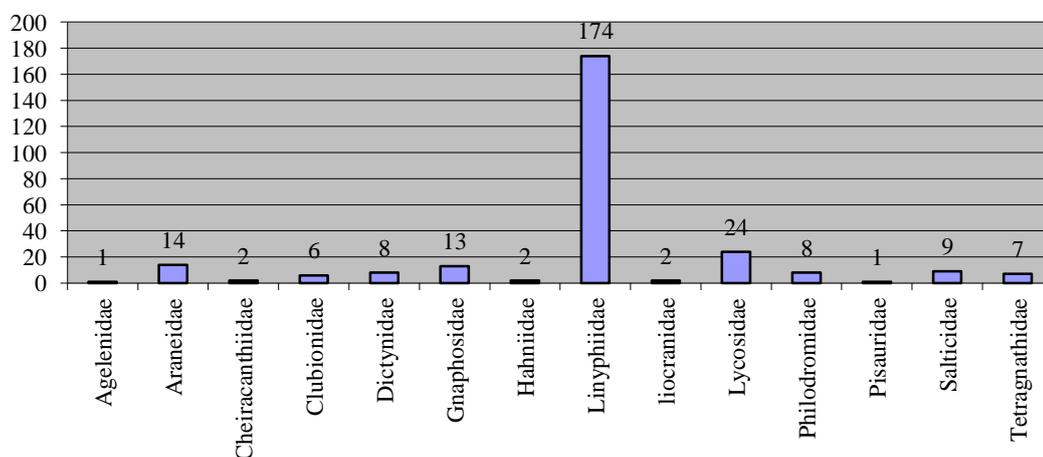


Рис. 1. Соотношение видового состава пауков природного парка «Вулканы Камчатки»

## Результаты и обсуждение

В 2016 г. на территории Налычевского кластера природного парка впервые за 70 лет был найден редкий для фауны России неарктический вид *Arctosa raptor* (Kulczynski, 1885), не встречающийся на территории Палеарктики нигде, кроме Камчатки, который рекомендован нами к включению в новое издание Красной книги Камчатки в статусе редкого вида [2].

По данным проведенной нами предварительной инвентаризации аранеофауны четырех кластерных участков природного парка «Вулканы Камчатки» [3], порядка ¼ всей аранеофауны указанной территории имеет неарктический характер, т. е. более близка к арктической и субарктической фауне пауков Северной Америки, нежели к евразийской. Это подтверждается наличием общих видов, обнаруженных нами в коллекции североамериканских арктических пауков Музея Естественной истории Университета Осло (Норвегия). Таким образом, в арахнологическом отношении мы вполне можем рассматривать Камчатку как территорию, пограничную между палеарктической и неарктической фаунами, что представляет значительный научный интерес в плане реконструкции фауногенеза данной группы животных.

Наиболее перспективными в плане изучения филогенетических связей с фаунами соседних регионов (включая Неарктическую область) на территории природного парка «Вулканы Камчатки» представляются виды пауков, приведенные в табл. 2.

Таблица 2

Перспективные для изучения виды пауков на территории природного парка «Вулканы Камчатки»

Семейство	Вид	Распространение
Clubionidae	<i>Clubiona propinqua</i> L. Koch, 1879	Сибирско-манчжурский
	<i>Clubiona riparia</i> L. Koch, 1866	Восточнопалеарктическо-Неарктический
Dictynidae	<i>Hackmania prominula</i> (Tullgren, 1848)	Транспалеарктическо-северо-западноеарктический аркто-бореальный
Hahniidae	<i>Hahnia glacialis</i> Sorensen, 1989	Восточносибирско-неарктический аркто-бореальный
Linyphiidae	<i>Agyneta allosubtilis</i> Loksa, 1965	Сибирско-неарктический бореальный
	<i>Agyneta mollis</i> (O. Pickard-Cambridge, 1871)	Транспалеарктическо-алаянский аркто-бореальный
	<i>Allomengea dentisetis</i> (Grube, 1861)	Восточнопалеарктическо-транснеарктический бореально-монтанный
	<i>Anguliphantes karpinskii</i> (O. Pickard-Cambridge, 1873)	Сибирско-манчжурский бореально-неморальный
	<i>Bathyphantes pogonias</i> Kulczynski, 1885	Западноберингийский гипоарктомонтанный
	<i>Hilaria caniculata</i> (Emerton, 1915)	Западноберингийский аркто-альп.
	<i>Hilaria gibbosa</i> Tanasevitch, 1982	Сибирско-западноеарктический аркто-бореальный
	<i>Hilaria sibirica</i> Eskov, 1987	Сибирско-алаянский гипоаркт.
	<i>Hybauchenidium gibbosum</i> (Sorensen, 1898)	Восточносибирско-транснеарктический гипоарктобореальный
	<i>Hypomma affins</i> Schenkel, 1930	Западноберингийский арктоальп.
	<i>Hypselistes semiflavus</i> (L. Koch, 1879)	Сибирско-алаянский арктобореально-монтанный
	<i>Lophomma vaccinii</i> (Emerton, 1926)	Сибирско-неарктический бореал.
	<i>Oedontorax tribobatus</i> (Banks, 1896)	Неарктический
	<i>Praestigia kulczynskii</i> Eskov, 1979	Восточнопалеарктическо-неарктический
	<i>Scotinotylus alienus</i> (Kulczynski, 1885)	Сибирско-неарктический аркто-альп.
<i>Semljicola lapponicus</i> (Holm, 1939)	Транспалеарктическо-алаянский гипоарктический	
Lycosidae	<i>Arctosa raptor</i> (Kulczynski, 1885)	Неарктический аркто-альп.
	<i>Pardosa tesquorum</i> (Odenvall, 1901)	Сибирско-неарктический аркто-бор.
	<i>Pirata aff. Canadensis</i> Dondale et Redner, 1989	неарктический
	<i>Pirata praedo</i> Kulczynski, 1885	Сибирско-неарктический бореал.
Philodromidae	<i>Tibellus asiaticus</i> Kulczynski, 1908	Сибирско-неарктический
Salticidae	<i>Sitticus culteri</i> Proczynski, 1980	Сибирско-неарктический бореал.
Tetragnathidae	<i>Zygiella dispar</i> (Kulczynski, 1885)	Западноберингийский бореально-монтанный
Theridiidae	<i>Euryopis argentea</i> Emerton, 1882	Неарктический бореально-монт.
Thomisidae	<i>Xysticus britcheri</i> Gertsch, 1934	Сибирско-неарктический бореал.
	<i>Xysticus emertoni</i> Keyserling, 1880	Сибирско-неарктический бореально-монтанный

Большой научный интерес представляет фауна пауков термальных местообитаний. Учитывая тот факт, что на территории трех кластерных участков природного парка (Налычевском, Южно-Камчатском и Быстринском) имеются выходы термальных вод, это делает их перспективными для изучения термофильных групп пауков. По данным предварительных обследований, сделанных нами на территориях Налычевского и Быстринского кластеров природного парка, в таких местообитаниях встречается 18 видов пауков, относящихся к шести семействам [4]. В основном аранеофауна термальных площадок на указанных территориях представлена бродячими формами пауков, адаптировавшихся к специфическим условиям обитания.

### Выводы

Таким образом, можно заключить, что пауки (Arachnida: Aranei) являются важным компонентом биологического разнообразия особо охраняемых природных территорий. Важность изучения данной группы животных обусловлена, прежде всего, их высокой численностью, высоким видовым разнообразием, а также высоким потенциалом экологических связей со средой обитания, в т. ч. специфическими адаптациями к экстремальным факторам окружающей среды. Все перечисленные характеристики делают их одной из эталонных групп при описании природных территорий, в особенности – ООПТ различных уровней.

Изучение экологических аспектов модельных локальных фаун пауков на территории природного парка «Вулканы Камчатки» может быть очень полезным при определении региональных центров биологического разнообразия в условиях современного ландшафтообразования Камчатки.

*Автор выражает глубокую благодарность куратору энтомологической коллекции Музея Естественной истории Университета Осло (Норвегия) Владимиру Гусарову за предоставленную возможность работы с коллекциями арктических паукообразных.*

### Литература

1. Ковблюк Н.М. Краткий атлас пауков (Arachnida: Aranei) Карадагского природного заповедника / Н.М. Ковблюк, О.В. Кукушкин, В.А. Гнелица, А.А. Надольный. – Симферополь, 2008. – 102 с.
2. Ненашева Е.М. *Arctosa raptor* (Aranei: Lycosidae) – редкий вид пауков в фауне России, рекомендуемый для включения в новое издание Красной книги Камчатки / Е.М. Ненашева, В.В. Зыков // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: Материалы XVII междунар. науч. конф. – Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. – С. 299–302.
3. Ненашева Е.М. Обзор фауны и биологии пауков (Arachnida: Araneae) на примере экосистем природного парка «Вулканы Камчатки» / Е.М. Ненашева, В.В. Зыков // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: Доклады XIV междунар. науч. конф. – Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2014. – С. 79–95.
4. Ненашева Е.М. Пауки (Arachnida: Aranei) термальных местообитаний Камчатки: опыт предварительных исследований / Е. М. Ненашева // Актуальные вопросы современной науки. – 2016. – № 4 (12). – С. 28–32.
5. Олигер Т.И. К фауне пауков (Araneae) Лазовского государственного заповедника / Т.И. Олигер // Пауки и насекомые Советского Дальнего Востока. – Владивосток, 1981. – С. 3–10.
6. Пономарев А.В. Общие данные по паукам (Aranei) природного заповедника «Ростовский» / А. В. Пономарев, А. С. Цветков // Труды государственного заповедника «Ростовский». – 2004. – Вып. 3. – С. 84–104.
7. Уточкин А.С. Материалы по фауне пауков заповедника / А.С. Уточкин, Н.М. Пахоруков // Труды Печеро-Ильчского государственного природного заповедника. – 1976. – Вып. 13. – С. 78–88.
8. Azeganova N.S. To the spider fauna of the forest-steppe reserve Trinity / N.S. Azeganova // Proceedings of the Natural Sciences Institute at Molotov State University. – 1951. – Vol. 13. – P. 137–156.
9. Calixto A. Notes on the natural history of *Aspidolasus branicki* (Araneae: Araneidae) at Tinigua National Park, Colombia, with a revision of the genus / A. Calixto, H.W. Lewi // Bulletin of the British Arachnological Society. – 2006. – Vol. 13. – P. 314–320.

10. *Esunin S.L.* To the knowledge of the fauna of spiders (Aranei) of Pechora-Ilych Nature Reserve (Polar Urals), with the description of new species *Agroeca* (Liocranidae) / S.L. Esunin, D.K. Kazantsev // *Arthropoda Selecta*. – 2008. – № 16. – P. 245–250.
11. *Fet V. Ya.* Ecological distribution of spiders in Suite-Hasardag reserve / V.Ya. Fet // *Plant and animal life of the Western Kopetdag*. – Ashabad. – 1985. – P. 271–277.
12. *Gurianova V.E.* New species of spiders from Reserve “Askania Nova” / V.E. Gurianova // *Journal of Zoology*. – 1992. – Vol. 6. – P. 13–18.
13. *Gustafsson K.* Spiders (Araneae) from a north Swedish primeval forest-Middus National Park / K. Gustafsson, A. Holm // *Entomologisk Tidskrift*. – 1980. – Vol. 101. – P. 127–134.
14. *Hervé C.* *Drassodes* species from the Parc national du Mercantour (French Alps), with the description of a new species (Araneae: Gnaphosidae) / C. Hervé, C. Rollard // *Contributions to Natural History*. – 2009. – Vol. 12. – P. 627–642.
15. *Kupryjanowicz J.* Spiders of Biebrza National Park – species new and rare to Poland / J. Kupryjanowicz // *Proceedings of the 16<sup>th</sup> European Colloquium of Arachnology*. – 1997. – P. 183–194.
16. *Lewi L.R.* Spiders and harvestmen from Waterton and Glacier National Parks / L.R. Lewi, H.W. Lewi // *The Canadian Field-Naturalist*. – 1955. – Vol. 69. – P. 32–40.
17. *Logunov D.V.* On the fauna of spiders of Bolshehektkirsky Reserve (Khabarovsk Territory). I. Families Araneidae, Lycosidae, Philodromidae, Tetragnathidae and Thomisidae / D.V. Logunov // *Siberian Journal of Biology*. – 1992. – № 4. – P. 56–68.
18. *Logunov D.V.* Spiders of the family Lycosidae (Aranei) from the Sokhondo Reserve (Chita area, east Siberia) / D.V. Logunov, Y.M. Marusik // *Beiträge zur Araneologie*. – 1995. – Vol. 4. – P. 109–122.
19. *Loksa I.* The spider fauna of the Hortobagy National Park (Araneae) / I. Loksa // *Mahunka, S. (ed.) The fauna of the Hortobagy National Park*. – Vol. 1. – Akademiai Kiado, Budapest, 1981. – P. 321–339.
20. *Lowrie D.C.* A list of the spiders of the Grand Teton Park area, with descriptions of some new North American spiders / D.C. Lowrie, W.J. Gertsch // *American Museum Novitates*. – 1955. – Vol. 1763. – P. 1–29.
21. *Nekhaeva A.A.* On the spider fauna (Arachnida, Araneae) on the Pasvik Nature Reserve (Kola Peninsula, Russia) / A.A. Nekhaeva // *Norwegian Journal of Entomology*. – 2016. – Vol. 63. – P. 58–64.
22. *Patel B.H.* Fauna of protected areas-2: A preliminary list of spiders with descriptions of three new species from Parambikulam Wildlife Sanctuary, Kerala / B.H. Patel // *Zoo's Print Journal*. – 2003. – Vol. 18. – P. 1207–1212.
23. *Rheims C.A.* Description of four new species of Hersiliidae (Arachnida, Araneae) from Kimabalu National Park, Sabah, Borneo, Malaysia / C.A. Rheims, A.D. Brescovit // *Journal of Natural History*. – 2004. – Vol. 38. – P. 2851–2861.
24. *Sen S.* Crab spiders (Araneae: Thomisidae) of Bandhavgarh National Park, with first record of *Stiphropus sangayus* Barrion and Listinger from India / S. Sen, S. Saha, D. Rauchaudhuri // *Current Biotica*. – 2010. – Vol. 4 (3). – P. 278–284.
25. *Tanasevitch A.V.* Annotated Check-list of Linyphiidae spiders of Bureya Reserve and adjacent territories / A.V. Tanasevitch, L.A. Trilikauskas // *Arthropoda Selecta*. – 2004. – № 13. – P. 77–86.
26. *Zhang Y.I.* The spiders of family Thomisidae in Ningbo Tiantong Forest Park / Y.J. Zhang, Z.C. Pan, L.J. Tong, S.H. Zhu // *Journal of Ningbo University, Natural Science Edition*. – 2000. – Vol. 13. – P. 35–38.

УДК [502.51:551.46.09](268.46)

**И.В. Петракова**

*Северный филиал Полярного научно-исследовательского института  
морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича,  
Архангельск, 163000  
e-mail: bazhenova@pinro.ru*

**МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРСКИХ ВОД И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ  
БЕНЗ(А)ПИРЕНОМ В ЗОНАХ ИНТЕНСИВНОЙ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ БЕЛОГО МОРЯ**

В настоящей работе представлены результаты мониторинга загрязнения морских вод и донных отложений Двинского и Онежского заливов Белого моря в период с 2010 по 2014 гг. полициклическими ароматическими углеводородами на примере бенз(а)пирена. Полученная информация дает возможность оценить уровень загрязнения исследуемых районов Белого моря.

**Ключевые слова:** мониторинг, загрязнение, бенз(а)пирен.

**I.V. Petrakova**

*Northern Branch of the Knipovich Polar Research Institute  
of Marine Fisheries and Oceanography, Arkhangelsk, 163000  
e-mail: bazhenova@pinro.ru*

**POLLUTION MONITORING OF MARINE WATERS AND SEDIMENTS WITH  
BENZO(A)-PYREN IN ZONES OF INTENSIVE ECONOMIC ACTIVITY OF THE WHITE SEA**

This paper presents the results of pollution monitoring of marine waters and sediments in the Dvina Bay and the Onega Bay of the White Sea with polycyclic aromatic hydrocarbons on the example of benzo(a)pyren in the period from 2010 to 2014. The information provides an opportunity to assess the level of contamination of the investigated areas of the White Sea.

**Key words:** monitoring, pollution, benzo(a)pyren.

В настоящее время биосфера испытывает постоянно возрастающее антропогенное воздействие. Для того чтобы контролировать негативные процессы, протекающие в окружающей среде в результате такого воздействия, а также препятствовать, насколько это возможно, их развитию, требуется разнообразная и систематическая информация о состоянии биосферы. Значительное внимание при этом уделяется мониторингу различных загрязняющих веществ антропогенного происхождения.

Одной из наиболее важных проблем для Белого моря является загрязнение воды и донных отложений различными поллютантами антропогенного характера, которые, попадая в морскую среду, могут нарушать экологический баланс водной системы и приводить к уменьшению запасов биоресурсов.

Нефть и нефтепродукты относятся к наиболее массовым загрязняющим веществам морей и океанов, без учета которых корректная оценка степени загрязненности акваторий не представляется возможной [1]. В свою очередь полициклические ароматические углеводороды являются наиболее токсичной группой углеводородов и могут способствовать возникновению канцерогенных, тератогенных или мутагенных изменений в организмах. В зависимости от условий воздействия они могут вызывать мутагенез, тератогенез, ингибирование роста, ускорение старения, токсикогенез и нарушение работы иммунологических систем, что приводит как к нарушению индивидуального развития и изменению генофонда, так и к нежелательным отклонениям в био-

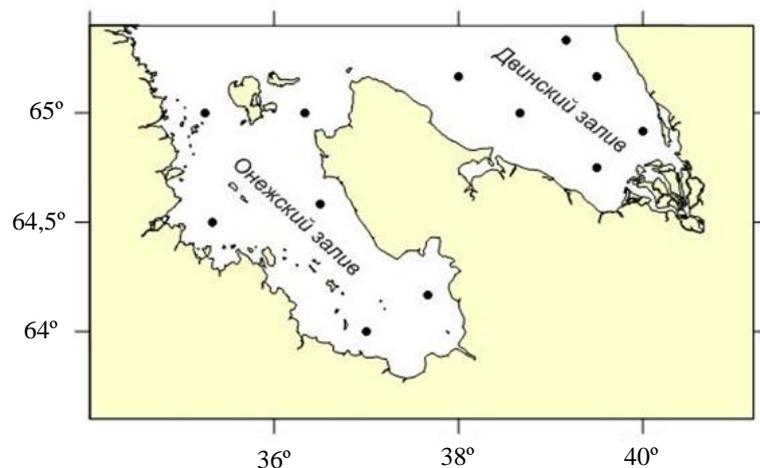
ценозах [2]. Для получения информации о состоянии биосферы необходим систематический контроль за содержанием химических загрязняющих веществ и, в частности, полициклических ароматических углеводородов в различных объектах природной среды.

Значительный интерес представляет канцерогенный бенз(а)пирен. Он является приоритетным токсикантом окружающей среды, обладает наибольшей канцерогенной и мутагенной активностью и поэтому был выбран в качестве индикатора группы полициклических ароматических углеводородов.

В процессе самоочищения морской среды от углеводородов значительная роль принадлежит донным отложениям, которые, адсорбируя углеводороды с одной стороны, ведут к уменьшению их содержания в воде, а с другой – могут служить при определенных условиях источником повторного загрязнения воды. При этом наносы и взвешенные частицы, действуя как «ловушки», играют значительную роль в миграции нефтяных загрязнений.

Углеводороды в результате адсорбции на взвешенных частицах осаждаются на дно, причем не всегда они остаются на поверхности донных отложений. Сложные физические, химические и биологические процессы, происходящие на границе раздела воды и донных отложений или вблизи нее, могут изменять физическое и химическое состояние углеводородов. Кроме того, связанные со взвешенными частицами углеводороды под воздействием гидрометеорологических факторов могут вновь перейти в толщу воды и возвратиться в повторный цикл с последовательными стадиями: высвобождение – окисление – осаждение [3].

Объектами данного исследования явились пробы морских вод, отобранные на сети стандартных мониторинговых станций на открытых морских акваториях Двинского и Онежского заливов Белого моря в весенний и осенний сезоны. Донные отложения отбирались также на сети стандартных мониторинговых станций на открытых морских акваториях только Двинского залива Белого моря. Работы проводились Северным филиалом ПИНРО в период с 2010 по 2014 г. Расположение станций мониторинга загрязнения морских вод и донных отложений представлено на рисунке.



Карта-схема расположения станций мониторинга загрязнения морских вод и донных отложений Двинского и Онежского заливов Белого моря

Выбор расположения станций был сделан при ориентации на более-менее равномерный охват наблюдениями всей акватории исследуемых районов с учетом специфики распределения глубин, зон влияния речного стока, наличия фронтальных разделов и источников техногенного воздействия [4]. Полученная информация дает возможность оценить степень загрязнения морских вод и донных отложений в зонах интенсивной хозяйственной деятельности исследуемых районов Белого моря.

Пробы анализировались по методикам, рассмотренным и одобренным ФГУ «Центр экологического контроля и анализа» Министерства природных ресурсов России.

Для определения массовой концентрации бенз(а)пирена в воде и донных отложениях применяли метод высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) с флуориметрическим детектированием с использованием жидкостного хроматографа «Люмахром» [5,6].

Метод заключается в экстрагировании бенз(а)пирена из проб вод гексаном, из проб донных отложений – хлористым метиленом, далее концентрирование экстракта проб вод и донных

отложений, очистка его методом колоночной хроматографии и определение бенз(а)пирена методом ВЭЖХ с использованием флуориметрического детектора.

Распределение загрязняющих веществ в Белом море происходит, главным образом, со сточными течениями крупных рек. В Двинском заливе река Северная Двина служит наиболее значимым источником загрязняющих веществ, в Онежском заливе эту роль выполняет река Онега. Определенный вклад в загрязнение морской среды также вносят атмосферные осадки.

Значения концентраций бенз(а)пирена в поверхностном и придонном слоях вод на всей акватории Двинского и Онежского заливов Белого находились ниже предела обнаружения используемой методики (менее 0,5 нг/дм<sup>3</sup>) на протяжении всего периода исследования. Предельно допустимая концентрация бенз(а)пирена в природных водах регламентируется ГН 2.1.5.2280-07 и составляет 10 нг/дм<sup>3</sup>.

В России отсутствуют нормативы содержания загрязняющих веществ в морских донных отложениях, поэтому для оценки степени их загрязненности было использовано норвежское руководство по классификации качества окружающей среды в фьордах и прибрежных водах [8].

Наибольший потенциал к накоплению бенз(а)пирена отмечается для иловых отложений, наименьший – для мелкозернистого песка. Илистые же грунты весьма подвержены размыву, и в зоне эрозионного воздействия, распространяющегося до дна, или на участках, где могут возникать сильные течения, значительное загрязнение донных осадков обычно не наблюдается. Количественное содержание бенз(а)пирена в донных отложениях Двинского залива на протяжении почти всего периода исследования было низким (ниже предела обнаружения используемой методики – 0,005 мг/кг сухой массы). Только на двух станциях Двинского залива, находящихся в зоне смешения речных и морских вод, в весенний период 2011 г. концентрация бенз(а)пирена составила 0,005 мг/кг сухой массы, что, по норвежской классификации, ниже фонового уровня (0,006 мг/кг сухой массы) [8].

Мониторинговые экологические исследования позволили выявить, что для Двинского и Онежского заливов Белого моря в целом характерен низкий уровень загрязнения вод и донных отложений бенз(а)пиреном.

Наблюдения, которые проводились Северным филиалом ПИНРО в период с 2010 по 2014 г., дали возможность определить современный уровень загрязнения морских вод по исследуемому показателю.

### Литература

1. Миронов О.Г. Биологические проблемы нефтяного загрязнения морей // Гидробиол. журн. – 2000. – Т. 36 – № 1. – С. 82–96.
2. Ровинский Ф.Я., Теплицкая Т.А., Алексеева Т.А. Фоновый мониторинг полициклических ароматических углеводородов. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 224 с.
3. Исследование процессов при сбросе отходов в море / Под ред. И.А. Шлыгина. – М.: Гидрометиздат, 1983 – 159 с.
4. Мискевич И.В. Мониторинг состояния экосистем Белого и юго-востока Баренцева морей (2001–2002 гг): итоги исследований и перспективы // Материалы отчетной сессии Северного отделения ПИНРО по итогам научно-исследовательских работ 2001–2002 гг. – Архангельск: Изд-во Арханг. гос. техн. ун-та, 2003. – 368 с.
5. Методика ПНД Ф 14.1:2:4.186-02. Методика измерений массовой концентрации бенз(а)пирена в пробах природных, питьевых (в том числе расфасованных в емкости) и сточных вод методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с флуориметрическим детектированием с использованием жидкостного хроматографа «Люмахром». – М., 2010. – 44 с.
6. Методика ПНД Ф 16.1:2:2.2:2.3:3.39-2003. Методика измерений массовой концентрации долибенз(а)пирена в пробах почв, грунтов, твердых отходов, донных отложений, осадках сточных вод методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с флуоресцентным детектированием с использованием жидкостного хроматографа «Люмахром». – М., 2012. – 25 с.
7. ГН 2.1.5.2280-07. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Дополнения и изменения 1 к ГН 2.1.5.1315-03. – М., 2007.
8. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder OG kystfarvann / T. Bakke, G. Breedveld, T. Kællgvistetal // SFTVeiledning. – 2007. TA-2229/2007. – 12 p. (in Norwegian).

УДК [639.2:004.9](571.66)

**Н.А. Ступникова, В.В. Шуев**

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

## **ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В КАМЧАТКОМ КРАЕ ДЛЯ ОХРАНЫ РЫБНЫХ РЕСУРСОВ**

Рассматривается опыт использования в Камчатском крае программы SMART, созданной для мониторинга антибраконьерской рейдовой деятельности. Работы в данной программе в полевых условиях ведут этно-экологический информационный центр «ЛАЧ», региональный общественный фонд «Сохраним лосось вместе», природный парк «Вулканы Камчатки». Результаты использования данной программы выявили ряд недостатков и минусов, для решения которых необходим полный пересмотр всех аспектов охраны рыбных ресурсов в Камчатском крае: от изменения нормативно-правовых актов до решения технологических задач по мониторингу антибраконьерской деятельности.

**Ключевые слова:** геоинформационные системы, программа SMART, мониторинг антибраконьерской деятельности, охрана рыбных ресурсов.

**N.A. Stupnikova, V.V. Shuev**

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

## **EXPERIENCE OF GIS APPLICATION IN KAMCHATKA FOR THE PROTECTION OF FISH RESOURCES**

The experience of using the program SMART in the Kamchatka region is considered. The program is intended for monitoring anti-poaching raid activity. Work in this program in the field are performed by the ethno-ecological Information Center «Lach», the regional public foundation «Save Salmon Together», the natural park «Volcanoes of Kamchatka». The results of using this program identified a number of weaknesses and shortcomings. Addressing them requires a full review of all aspects of the protection of fish resources in the Kamchatka region, from changes in the regulatory legal acts to solving technological problems in monitoring anti-poaching activities.

**Key words:** geographic information systems (GIS), SMART program, monitoring anti-poaching activities, protection of fish resources.

В настоящее время практически ни одна задача природопользования не решается без использования той или иной геоинформационной технологии. Использование геоинформационных систем позволяет оперативно получать информацию по запросу и отображать ее на картооснове, оценивать состояние экосистемы и прогнозировать ее развитие [1].

При решении задач охраны биологических ресурсов необходимо применять комплексный подход, в котором необходимо опираться на систематизацию и накопление данных в соответствии с теми потребностями, которые возникают в ходе решения поставленных задач. Группировка данных в нужном виде, их надлежащее изображение, сопоставление и анализ собранных данных есть лишь та малая часть критериев, которым должна соответствовать программная среда, используемая в дальнейшем в качестве основного инструмента для более эффективного и качественного управления в области охраны биологических ресурсов. Природоохранные мероприятия, а наряду с ними и проблемы, возникающие в ходе их проведения, часто требуют незамедлительных и адекватных действий, эффективность которых напрямую связана с оперативностью обработки и представления информации.

На этапе обработки и анализа собранных данных существенное место занимает техническая оснащенность, включающая подходящие для решения поставленной задачи аппаратные средства и программное обеспечение. В качестве последнего выступает мощная технология географических информационных систем [2].

В настоящее время одной из распространенных сфер применения геоинформационных систем является сбор и управление данными по особо охраняемым природным территориям (ООПТ), таким как заказники, заповедники и национальные парки [3].

Возможности геоинформационных систем, применимые в области ООПТ:

- ввод, накопление, хранение и обработка цифровой картографической информации;
- построение на основе полученных данных тематических карт, отражающих текущее состояние исследуемой территории;
- исследование динамики изменения экологической обстановки в пространстве и времени, построение графиков, таблиц, диаграмм;
- моделирование и прогнозирование развития экологической ситуации в различных средах, и исследование зависимости состояния экосистемы от антропогенных и абиотических и биотических факторов;
- получение комплексных оценок состояния объектов, находящихся в зоне внимания особо охраняемых природных территорий, на основе полученных актуальных данных;
- мониторинг местных и широкомасштабных антропогенных воздействий на территории ООПТ.

Во Владивостоке 5 октября 2015 г. на Всероссийском совещании директоров государственных заповедников и национальных парков, посвященном проблемам и перспективам развития федеральной системы особо охраняемых природных территорий, выступил заместитель директора по охране ФГБУ «Земля леопарда» Евгений Стома. Он представил уникальный опыт использования в работе Учреждения программы SMART (Spatial Monitoring and Reporting Tool), созданной для мониторинга антибраконьерской рейдовой работы. Организаторы мероприятия – Министерство природных ресурсов и экологии РФ и национальный парк «Земля леопарда» [4].

Оценке эффективной работы службы охраны ООПТ была посвящена отдельная секция совещания на острове Русский. Руководители заповедников обсудили основные проблемы организации инспекторской работы и возможные пути их решений. По общему признанию, в своей работе отделы охраны должны учитывать рост технической оснащенности и грамотности браконьеров.

Большое количество людей, машин и технических средств в отделе охраны парка – важные составляющие, однако все они не являются залогом результативности. Для понимания проблемных точек, простоты фиксации работы и адаптивного управления рейдами с 2010 г. на территории национального парка «Земля леопарда» применяется программа SMART. Она основана на географической информационной системе и позволяет анализировать работу по патрулированию территории (рис. 1).

Впервые системы, подобные SMART, стали применяться в работе природоохранных инспекторов при содействии WSC и фонда «Феникс». Отправляясь на рейд, инспекторы «Земли леопарда» включают GPS-навигаторы, которые фиксируют пройденные дистанции. При помощи SMART сотрудники вносят выявленные нарушения в общую базу. Кроме того, эта программа позволяет косвенно контролировать численность редких животных. Помимо форм «Маршрут рейда» и «Нарушения», используя GPS, специалист на месте должен сделать пометку в форме «Тигр и леопард», заметив следы жизнедеятельности этих кошек.

Каждые три месяца проводится совещание, посвященное анализу работы по программе SMART. На нем анализируются результаты работы как оперативных групп, так и каждого инспектора в отдельности, что позволяет определить наиболее важные для патрулирования участки национального парка и выявить инспекторов, достойных поощрения. При увеличении количества рейдов число выявленных нарушений снижается, что является главным показателем эффективности работы отдела охраны [5].

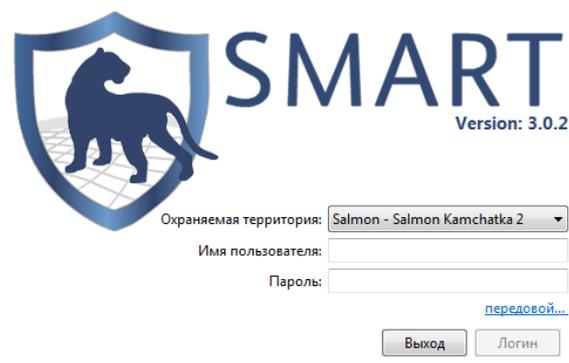


Рис. 1. Вход в программу SMART

Зарекомендовав себя как эффективная система, SMART внедряется и на других ООПТ. В настоящее время эта программа работает в семи из девяти федеральных заповедников и национальных парках России, где обитают амурские тигры.

В Камчатском крае 10 апреля 2015 г. прошел первый семинар по мониторингу антибраконьерской деятельности лососевых ресурсов с использованием SMART программы для общественных инспекторов, инспекторов парков и пользователей рыбопромысловых участков из числа коренных малочисленных народов Севера Камчатского края. Ведущим был Микель Отте – консультант Общества сохранения диких животных (WSC) в г. Владивосток, который является специалистом в области экологии и проектов по защите окружающей среды.

Мониторинг антибраконьерской деятельности – это метод отслеживания усилий, затраченных на борьбу с браконьерством, и полученных результатов, который основан на геоинформационной системе. Мониторинг позволяет оценивать и сравнивать затраченные усилия и полученные результаты у разных бригад, на разных участках и в разные периоды времени. Антибраконьерские бригады пользуются GPS-навигаторами для записи маршрутов патрулирования (рис. 2), а также фиксируют во время рейдов случаи браконьерства и другие нарушения в специально разработанных бланках (рис. 3).

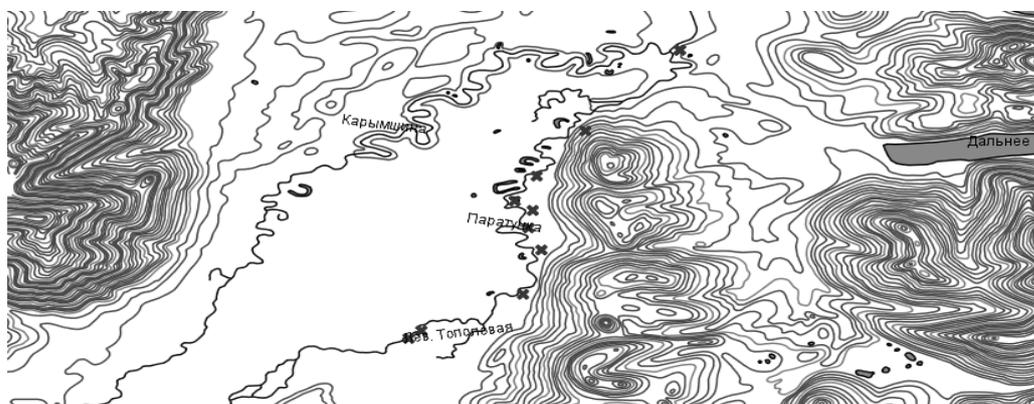


Рис. 2. Рейд антибраконьерской деятельности на р. Паратунка (10 августа 2015 г.), точки GPS

**Маршрут**  **Дата**  **Группа**  **№ GPS**   
**Руков-ль**  **Ответственный за GPS**   
**Состав группы** 1)..... 2)..... 3).....  
 4) ..... 5)..... 6)..... 7).....

Точка	Время	Транспорт / в засаде / в лагере	Категория наблюдения	Примечания

Рис. 3. Бланк патрулирования

С помощью регулярных отчетов о патрулировании мониторинг антибраконьерской деятельности помогает оценить эффективность рейдов и повысить их качество. На периодических собраниях инспекторы и руководители охраняемых территорий могут оценить результаты патрулирования, определить территории, которым необходимо уделить особое внимание, и поставить задачи на будущее для антибраконьерских бригад.

В настоящее время использование программы SMART в Камчатском крае проходит этап испытания в полевых условиях. Работы в данной программе ведут этно-экологический информа-

ционный центр «ЛАЧ», региональный общественный фонд «Сохраним лосось вместе», природный парк «Вулканы Камчатки». На этом этапе уже выявлен ряд недостатков и минусов, которые состоят в следующем:

- отсутствует заинтересованность в работе с программой SMART некоторых организаций по охране биоресурсов Камчатского края, в частности Дирекции ООПТ Камчатского края и других;
- данная программа SMART недостаточно эффективно адаптирована под нужды антибраконьерского мониторинга лососевых ресурсов, т. к. рассчитана на ведение учета численности популяции приморских леопардов и антибраконьерской работы на суше;
- форма заполнения патрулирования является не удобной в полевых условиях;
- недостаточность полномочий общественных инспекторов для более эффективной работы, т. к. в полевых условиях бригада общественных инспекторов не обладает достаточно широкими полномочиями и использует только фото-видеофиксацию нарушения.

Для устранения этих недостатков и увеличения эффективности антибраконьерской деятельности необходим пересмотр всех аспектов охраны рыбных ресурсов в Камчатском крае: от изменения нормативно-правовых актов до решения технологических задач по антибраконьерскому мониторингу лососевых ресурсов.

### Литература

1. Берлянт А.М. Геоинформационное картографирование. – М.: Астрель, 1997. – 64 с.
2. Ципилева Т.А. Геоинформационные системы: Учеб. пособие. – Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2004. – 162 с.
3. Лычак А.И., Бобра Т.В. ГИС в географии и экологии. – Симферополь: Эльнинье, 2005. – 280 с.
4. Информационно-справочная система ООПТ России [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.oopt.info> (дата обращения: 09.05.2016)
5. Объединенная Дирекция национального парка «Земля леопарда» и заповедника «Кедровая падь» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.leopard-land.ru> (дата обращения: 13.05.2016).

УДК 502.51(282.247.2:470.26)

**С.А. Уманский, П.П. Буйняченко, А.С. Уманский**

*Калининградский государственный технический университет,*

*Калининград, 236022  
e-mail: umansky@klgtu.ru*

## **СОВРЕМЕННОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ БАССЕЙНА РЕКИ ГУРЬЕВКА**

В статье приведен анализ сложившейся экологической ситуации в бассейне реки Гурьевка на основе данных о сбросах загрязняющих веществ и полученных в ходе полевых исследований данных о качестве воды и состоянии почв и растительности на водосборной площади реки Гурьевка.

**Ключевые слова:** малая река, Гурьевка, почвы, растительность, антропогенная деятельность, экологическое состояние

**S.A. Umansky, P.P. Buiniachenko, A.S. Umansky**

*Kaliningrad State Technical University,*

*Kaliningrad, 236022  
e-mail: umansky@klgtu.ru*

## **CURRENT ENVIRONMENTAL STATUS OF GURYEVKA RIVER BASIN**

The article is devoted to the analysis of current environmental situation within the Guryevka river basin. This analysis was based on pollutant discharge data and on water, soil and vegetation quality data obtained during the field surveys.

**Key words:** small river, Guryevka, soils, vegetation, anthropogenic pressure, environmental status

### **Введение**

Малые реки, гидрологические и гидрохимические особенности которых эволюционно сложились под влиянием климатических условий [1, 2] и под воздействием других элементов геосистем – важнейший компонент гидрографической сети ландшафта. Они чутко реагируют на хозяйственную деятельность в пределах водосборной площади, что сказывается на их водном режиме, химическом составе воды, интенсивности процессов самоочищения, состоянии биологического разнообразия и устойчивости водной экосистемы. Среди масштабных факторов антропогенного воздействия можно выделить уничтожение лесов, распашку сельскохозяйственных земель, оросительные и осушительные мелиорации, процессы урбанизации. Исследования многолетней динамики состояния гидрографической сети [3–5] свидетельствуют о деградации гидрографической сети в пространственно-временном аспекте, которая выражается в уменьшении протяженности малых рек, отмирании водотоков низких порядков, уменьшении густоты речной сети, развитии процессов эвтрофирования, зарастании русел высшей водной растительностью и заболачивании прибрежных территорий. Перечисленные процессы нуждаются в научных исследованиях, прогнозировании и осмыслении результатов хозяйственной деятельности с целью формирования системы устойчивого водопользования. В настоящей статье представлены предварительные результаты исследований, выполненных в бассейне отдельно взятой малой реки на территории Калининградской области.

### **Материал и методика**

Источниками информации служили материалы, собранные в ходе полевых гидролого-гидрохимических, почвенных исследований в бассейне р. Гурьевка в течение 2016 г., сведения о водопотреблении, водоотведении и объемах сброса загрязняющих веществ.

Количественные показатели собранного материала характеризуют следующие данные:

- отобраны 15 проб воды в пяти створах и выполнены химические анализы по определению концентраций аммоний-иона, нитратов, фосфатов и БПК<sub>5</sub>;
- заложены пять ключевых участков для характеристики почв и растительности долины реки;
- сформирован массив информации на основе базы данных, включающий сведения о выпусках, объемах и качестве сточных вод [5].

Камеральная обработка собранных материалов сводилась к обобщению и анализу полученной информации в форме таблиц и графиков.

### Результаты и их обсуждение

Гурьевка, правый приток р. Преголя, впадающей в Вислинский залив Балтийского моря представляет собой типичную малую реку западной части Калининградской области, с бассейном, обладающим наибольшей плотностью населения и, соответственно, высокой антропогенной нагрузкой [5]. Основные гидрологические характеристики:  $S_{\text{басс.}} - 121,57 \text{ км}^2$ ,  $L_{\text{реки}} - 30,7 \text{ км}$ , густота речной сети –  $1,27 \text{ км/км}^2$ ,  $W_{\text{ср. год}} - 25,49 \text{ млн м}^3$ . Сток реки зарегулирован плотинами трех русловых прудов (рис. 1). Орловский пруд регулирует сток в верхней части бассейна, Васильковский пруд – в средней части и, наконец, Чистый пруд, плотина которого расположена в 2,3 км от устья, позволяет осуществлять регулирование стока в целях выработки электроэнергии на малой ГЭС и бесперебойного водоснабжения прудов учебно-опытного рыбоводного хозяйства Калининградского государственного технического университета (рис. 1.). Другое направление водопользования, которое существенно влияет на состав и свойства речной воды, режим стока – использование Гурьевки в качестве водоприемника сточных вод [5].



Рис. 1. Бассейн реки Гурьевки с указанием мест сброса сточных вод, пунктов отбора проб воды и почв

Изучение природных особенностей формирования режима стока и химизма речных вод невозможно без описания почв и растительности водосборной территории, поэтому при характеристике современного экологического состояния Гурьевки, наряду с исследованием химического состава речной воды и особенностей водопользования, было уделено внимание анализу почвенного покрова и состояния растительности в долине реки.

Территория бассейна представляет собой моренную холмистую равнину. Четвертичные отложения представлены аллювиальными голоценовыми и гляциальными верхнеплейстоценовыми суглинками и супесями, резе песками [6].

Растительность рассматриваемой территории «Географический атлас Калининградской области» [6] характеризуется как «широколиственные леса с незначительной примесью ели и преобладанием дуба, липы, граба, ясеня и бука» (верховья и периферия северной части бассейна), «пахотные земли и окультуренные луга на месте широколиственных лесов» (верхнее и среднее течение), «пахотные земли на месте сосновых лесов» (нижнее течение) и «низинные болота и заболоченные луга, частично облесенные, в сочетании с сельскохозяйственными землями» (устье). На основании того же источника [6], можно сделать заключение, что почвенный покров бассейна Гурьевки представлен преобладающими дерново-подзолистыми и дерново-слабоподзолистыми (преимущественно оглеенными) почвами легкосуглинистого (правый берег) и песчаного (левый берег) гранулометрического состава, а также аллювиальными дерновыми почвами, приуроченными к пойме. Дерново-подзолистые почвы приурочены к верхнему течению Гурьевки, основную часть площади, согласно карте, занимают дерново-слабоподзолистые оглеенные.

Летом 2016 г. в ходе полевых исследований растительности и почвенного покрова в бассейне р. Гурьевка было заложено 5 ключевых участков: «Дорожный» (верховья реки), «Медведевка» (верхнее течение), «Верхнегурьевский пруд» (среднее течение), «Новый» (нижнее течение) и «Заозерье» (устье). Преобладающими типами почв на ключевых участках являются дерново-подзолистые иллювиально-железистые, дерново-глеевые, бурые лесные и аллювиальные болотные почвы. Типичные для ландшафтов верхнего течения Гурьевки дерново-подзолистые почвы, имеющие легко- и среднесуглинистый гранулометрический состав, сформировались на водно-ледниковых и моренных отложениях под смешанными лесами и приурочены к верхним надпойменным террасам речных долин. Для них характерно наличие мощных (от 30 до 42 см) гумусовых горизонтов, являющихся старопашотными, в которых встречаются антропогенные включения в виде обломков сельскохозяйственных орудий и интенсивное развитие иллювиально-железистого процесса в горизонте В, характерное для почв, формировавшихся под сообществами с доминированием сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). В ходе рекогносцировочного объезда была отмечена инвазия спиреи японской (*Spiraea japonica* L.) в данное природное сообщество. Подобные явления для Калининградской области отмечались и ранее [7, 8]. Луговые фитоценозы представлены злаково-разнотравными и разнотравными сообществами.

Дерново-глеевые почвы сопутствуют дерново-подзолистым и приурочены к замкнутым понижениям рельефа, а также к трансэллювиальным и трансаккумулятивным фациям под разнотравно-злаковыми лугами. Если в дерново-подзолистых почвах уровень грунтовых вод отмечается ниже 150 см, то в дерново-глеевых почвах грунтовые воды, как правило, залегают выше 100 см (на ключевом участке «Дорожный» – на 90–98 см), а признаки оглеения проявляются сразу под гумусовым горизонтом – с 20–27 см, причем сизая окраска выражена интенсивно и занимает не менее половины площади горизонта.

Бурые лесные почвы формируются в эллювиальных фациях ландшафта на моренных суглинках под фитоценозами с доминированием широколиственных пород: липы сердцевидной (*Tilia cordata* L.), клена остролистного (*Acer platanoides* L.), дуба черешчатого (*Quercus robur* L.), граба обыкновенного (*Carpinus betulus* L.), осины (*Populus tremula* L.), ольхи черной (*Alnus glutinosa* Gaertn.). На участке «Медведевка» отмечено внедрение в черноольхово-осиновый фитоценоз черешни (*Cerasus avium* Moench.), которая не только плодоносит, но и дает семенное возобновление. В строении профиля почв участка «Новый» отмечено наличие артефактов — битого стекла и проволоки, что свидетельствует о наличии длительного антропогенного (в т. ч. рекреационного) воздействия на ландшафт.

Аллювиальные почвы поймы Гурьевки, формирующиеся под гигрофитной растительностью (*Phragmites communis* Trin., *Carex* sp., *Filipendula ulmaria* Maxim., *Juncus effusus* L.), изучены пока недостаточно, однако предварительные данные указывают на малую мощность гумусового горизонта (не более 10 см) и активное развитие процесса оглеения. Это отличает их от почв пойм других малых рек западной части области [9]. В сопряженных ландшафтах отмечается внедрение нетипичной для природных фитоценозов речных долин видов – люцерны (*Medicago* sp.) и золотарника канадского (*Solidago canadensis* L.).

Среди экологических проблем водных объектов Калининградской области выделяют антропогенное эвтрофирование, которое наблюдается и в гидрографической сети Гурьевки.

Для оценки интенсивности антропогенной нагрузки от точечных источников были использованы результаты мониторинга предприятий водопользователей, предоставленные ОВР по Калининградской области НЛВБУ в 2011–2016 гг. Пространственный анализ показал, что основной антропогенной нагрузке подвержено среднее течение реки. Среднегодовой суммарный объем сточных вод за исследуемый период на этом участке реки составил 0,68 млн м<sup>3</sup>, что составляет более 80% общего водоотведения [10]. Об усилении антропогенной нагрузки на водоток свидетельствуют данные о межгодовой динамике сброса загрязняющих веществ. Начиная с 2011 г. сброс загрязняющих веществ увеличился от 105 до 144 т/год с ежегодным приростом 10 т/год (рис. 2). Это связано с ростом численности населения в бассейне реки. Увеличение нагрузки сопровождается увеличением концентраций биогенных веществ и показателя БПК<sub>5</sub>. Сезонную динамику концентраций биогенных веществ и БПК<sub>5</sub>, а также и нарастание концентраций этих веществ по длине реки от истока к устью иллюстрирует рис. 2. Показательны данные по 4 и 5 створам, которые отражают ситуацию на участках бассейна с наибольшей плотностью населения (г. Гурьевск и пос. Большое Исаково). Здесь наблюдается контрастное увеличение всех контролируемых веществ и БПК. Сравнение с результатами исследований, выполненных в 2003 г. [11, 12] показывает на увеличение показателя БПК<sub>5</sub> в нижнем течении в три раза, аналогичная картина наблюдается по фосфатам и аммоний-иону.

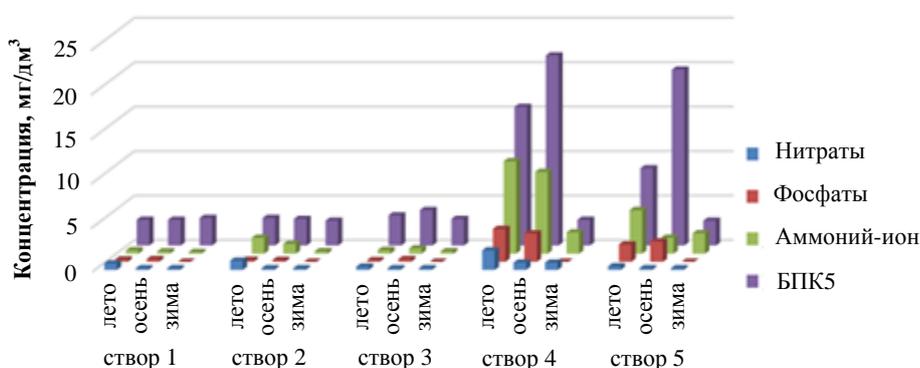


Рис. 2. Сезонная динамика концентраций биогенных элементов и БПК<sub>5</sub> по длине реки

При этом надо отметить заметное регулирующее влияние прудов, которые снижают биогенный сток, но при этом подвержены интенсивным процессам «цветения» и зарастания высшей водной растительностью. Оценка качества воды с помощью индекса загрязнения воды (ИЗВ) показала следующее. По длине реки класс качества воды изменяется от умеренно загрязненных (верхнее течение) до чрезвычайно грязных (нижнее течение) (табл.).

Таблица

Качество воды реки Гурьевки по индексу загрязнения воды (ИЗВ)

Створы отбора проб воды на химический анализ				
Створ 1 (выше пос. Орловка)	Створ 2 (ниже пос. Орловка)	Створ 3 (ниже Орловского пруда)	Створ 4 (ниже г. Гурьевска)	Створ 5 (устье)
Среднегодовые значения ИЗВ				
1,6	3,7	2,1	28,1	12,4
Классы качества вод				
3 «умеренно загрязненные»	4 «загрязненные»	4 «загрязненные»	7 «чрезвычайно загрязненные»	7 «чрезвычайно загрязненные»

## Выводы

1. В бассейне р. Гурьевки выделены дерново-подзолистые иллювиально-железистые – дерново-глеевые – аллювиальные болотные и бурые лесные – дерново-глеевые – аллювиальные болотные экологические ряды почв. Предварительный анализ химических свойств почв свидетельствуют о кислой реакции среды и низкой степени насыщенности основаниями, не превышающей 55%.

2. Растительные сообщества территории характеризуются наличием чужеродных видов, нетипичных для флоры лесных и луговых фитоценозов Калининградской области.

3. Интенсификация хозяйственной деятельности на водосборной площади р. Гурьевки, рост численности населения в ее бассейне сопровождаются ухудшением качества речных вод.
4. Сбросы хозяйственно-бытовых стоков провоцируют развитие высшей водной растительности в русловой части, что создает условия для заболачивания прилегающих земель и заилению русла.
5. Уровень загрязнения воды в реке увеличивается пропорционально объемам сброса загрязняющих веществ.

### Литература

1. Оценка влияния вод суши на наземные экосистемы / Отв. ред. Н.М. Новикова; Ин-т водных проблем. – М.: Наука, 2005. – 365 с.
2. Эдельштейн К.К. Структурная гидрология суши. – М.: ГЕОС, 2005. – 316 с.
3. Реки и водные объекты Белогорья: Моногр. / Ф.Н. Лисецкий, А.В. Дегтярь, Ж.А. Бурлак, Я.В. Павлюк, А.Г. Нарожняя, А.В. Землякова, О.А. Маринина. – Белгород: КОНСТАНТА, 2015. – 362 с.
4. Буйняченко П.П., Уманский С.А. Управление водными ресурсами бассейнов малых рек Калининградской области и оценка их устойчивости к антропогенным воздействиям // III Балтийский морской форум: Тр. междунар. науч. конф. «Водные биоресурсы, акакультура и экология водоемов. – Калининград: КГТУ, 2015. – С. 153–156.
5. Буйняченко П. П., Барановский П. Н. Интеграция данных для устойчивого управления ресурсами малых рек Калининградской области // Экология России на пути к инновациям: Межвуз. Сб. науч. тр. / Сост. Т.В. Дымов. – Астрахань: Изд-во Нижневолжского экоцентра, 2015. – Вып. 11. – С. 110–116.
6. Географический атлас Калининградской области / Ред. В.В. Орленок. – Калининград: КГУ, 2002. – 276 с.
7. Уманский А.С. Химические свойства видоизмененных почв элювиальных ландшафтов Калининградской области (на примере бассейна р. Деймы) // Известия СПбГАУ. – СПб.: СПбГАУ, 2008. – № 11. – С. 25–27.
8. Уманский А.С. Антропогенно-трансформированные почвы элювиальных ландшафтов бассейна р. Деймы // Пространственно-временная организация почвенного покрова: теоретические и прикладные аспекты: Материалы междунар. конф. – СПб.: СПбГУ, 2007. – С. 536–539.
9. Анциферова О.А. Почвы Замландского полуострова и их антропогенное изменение. – в 2 т. – Калининград: Изд-во КГТУ, 2008. – Т. 2. – 424 с.
10. Буйняченко П.П. Анализ антропогенной нагрузки на гидрографическую сеть бассейна реки Гурьевка // IV Балтийский морской форум. Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов: Тр. междунар. науч. конф. – Калининград: КГТУ, 2016. – С. 168–171.
11. Уманский С.А. Эвтрофирование малых рек Калининградской области и роль высшей водной растительности в улучшении качества воды // Инновации в науке и образовании – 2003: Материалы междунар. науч. конф. – Калининград, 2003. – С. 41.
12. Umansky S., Kondratenko M., Shibaeva M. The role of wetlands in decreasing small rivers eutrophication in the Kaliningrad Region // Proceedings Kalmar ECO-TECH'03 (The 4<sup>th</sup> International Conference on the Establishment of Cooperation Between Companies and Institutions in the Nordic Countries and the Baltic Sea Region). – Kalmar, Sweden, 2003. – P. 399–409.

УДК [553.3/.9+551.582](571.63)

**Р.С. Федюк, А.К. Смоляков, Р.А. Тимохин**

*Дальневосточный федеральный университет,  
Владивосток, 690950  
e-mail: roman44@yandex.ru*

## **ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ И КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПРИМОРСКОГО КРАЯ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Рассмотрены природно-климатические условия Приморского края. Выявлено, что муссонный климат юга Дальнего Востока вынуждает тщательнейшим образом защищать утеплитель от атмосферных воздействий («косых дождей») с помощью бетонного слоя повышенной водо- и паронепроницаемости. В качестве компонентов композиционного вяжущего рассмотрены местные природные и техногенные материалы.

**Ключевые слова:** природные материалы, Приморский край, гранит, базальт, муссонный климат.

**R.S. Fediuk, A.K. Smoliakov, R.A. Timokhin**

*Far Eastern Federal University,  
Vladivostok, 690950  
e-mail: roman44@yandex.ru*

## **NATURAL RESOURCES AND CLIMATIC CONDITIONS OF PRIMORYE IN TERMS OF CONSTRUCTION PRODUCTION**

The paper considers the climatic conditions of the Primorye Territory. It has been revealed that the monsoon climate of the south of the Far East forces carefully to protect the insulation from weather ("slanting rain") using the concrete layer of increased water vapor resistance. The local natural and man-made materials are considered as composite binder components.

**Key words:** natural materials, Primorye Territory, granite, basalt, monsoon climate.

Приморский край входит в состав Дальневосточного федерального округа Российской Федерации. Около четырех пятых территории занимает протянувшаяся с северо-востока на юго-запад горная система Сихотэ-Алинь. На равнины и низменности приходится лишь около одной пятой территории.

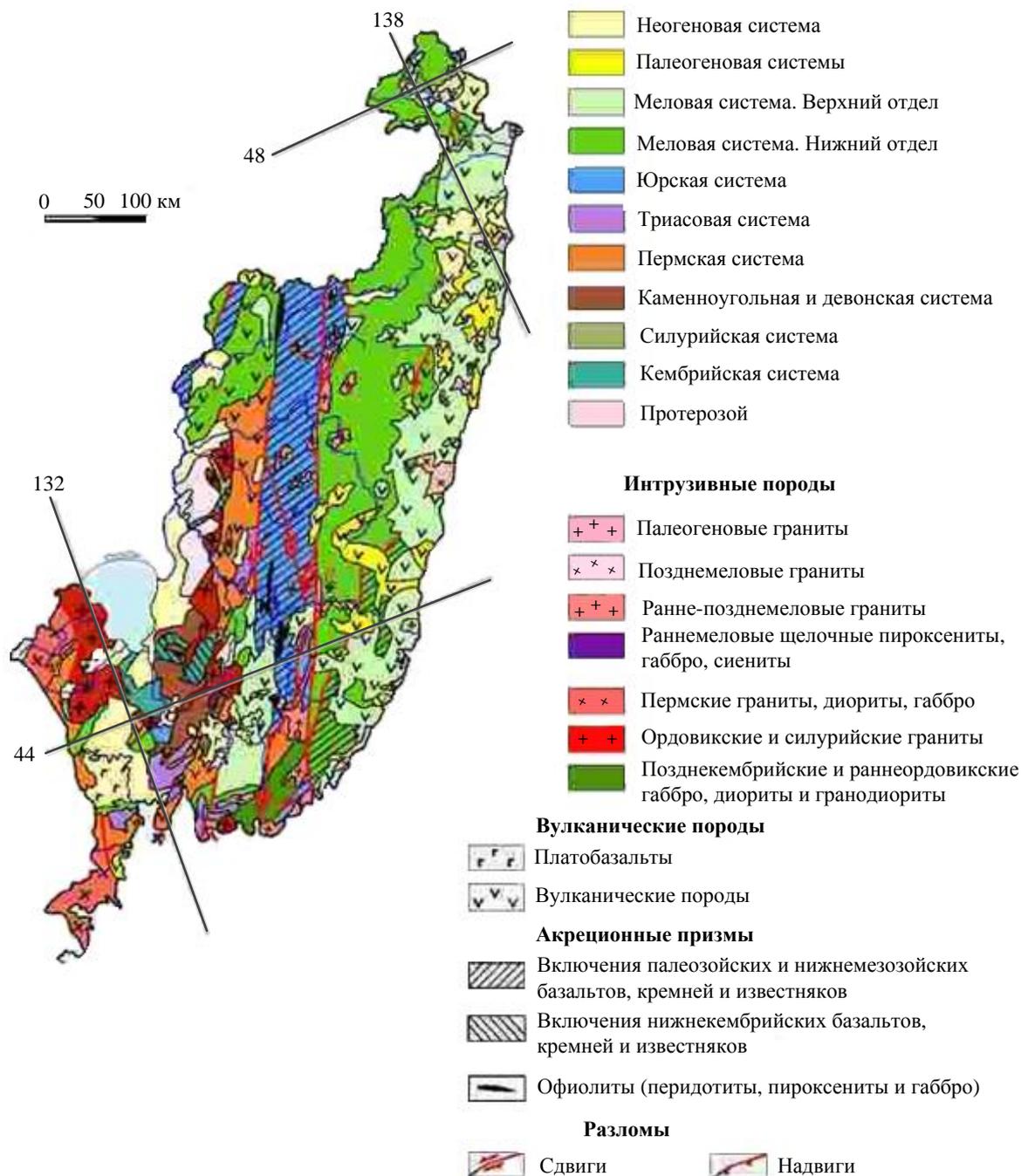
Средняя температура июля колеблется от +17°C на северо-востоке Приморья до +26°C – на Приханкайской равнине. Средняя температура января составляет –12°C – на побережье и –27°C – в материковых районах.

В зимний период (с ноября по март) данная территория находится под преобладающим воздействием очень холодных и сухих воздушных масс, формирующихся в области развития мощного азиатского антициклона. Ясная погода, обусловленная антициклонической циркуляцией, способствует сильному выхолаживанию земной поверхности, что в свою очередь приводит к еще большему охлаждению воздушных масс. Результирующий поток воздуха направлен с северо-запада на юго-восток – от области азиатского максимума давления к области более низкого давления, преобладающего над Тихим океаном и окраинами моря [1, 2].

В летний период (с апреля по сентябрь) движение воздушных масс приобретает противоположное направление: они перемещаются в основном с юго-востока на северо-запад, т. е. из области развития тихоокеанского субтропического антициклона в сторону дальневосточной барической депрессии. Данные воздушные массы приносят с собой значительное количество осадков (тайфуны) [3, 4].

Согласно исследованиям [5, 6], в Приморье на вертикальные поверхности выпадает больше жидких осадков, чем на горизонтальные, что требует эффективной защиты их поверхностей от увлажнения.

На территории Приморского края, к настоящему времени известны разнообразные месторождения минерального сырья, такого как: олово, вольфрам, свинец, цинк, медь, серебро, золото, бор, флюорит, редкоземельные элементы, титан, висмут, индий, железо, марганец, разнообразное строительное сырье, вермикулит, цеолиты, коллекционные, облицовочные и строительные камни, сырье для керамзита и каменного литья, перлиты, цементное сырье, фарфоровый камень, различные угли, торфовиваниты и ряд других [7, 8]. Геологическая карта Приморского края приведена на рисунке.



Геологическая карта Приморского края

Крупнейшим на Дальнем Востоке предприятием стройиндустрии по-прежнему остается Спасский завод по производству цемента. Его проектная мощность 3,6 млн т в год была превзойдена еще в 1988 г. Сегодня он выпускает цемент различных марок и клинкер для родственных

предприятий. Однако значительно меньшие по сравнению с 25-летней давности объемы строительства пока не позволяют вернуться к рекордным результатам. В «пик» строительства объектов для проведения Саммита АТЭС в Приморье в 2011 г. производство цемента, при росте к предыдущему году на 10,5%, составило в крае 1 млн 416 тыс. т.

В Приморском крае имеются крупные месторождения гранита. Соответственно, после его обработки остается отсев различных фракций, который можно применять при производстве бетона.

Также имеется ряд месторождений базальта, который используют как сырье для щебня, производства базальтового волокна (для производства теплозвукоизоляционных материалов), каменного литья и кислотоупорного порошка, а также в качестве наполнителя для бетона. Представляет интерес использование базальтовых волокон, полученных из местного сырья для дисперсного армирования бетона.

Известняки, иногда доломитизированные, и доломиты слагают среди терригенных и терригенно-кремнистых пород линзы, прослои и горизонты мощностью до 100–150 м и совместно смяты в систему сжатых, иногда опрокинутых складок субширотного и северо-западного простирания. В Лаоелин-Гродековском террейне юго-западного Приморья развиты линзы верхнепермских известняков – Бамбуровское и Барабашское месторождения. В Сихотэ-Алинской системе известняками сложены олистолиты и оползневые пластины в юрской и раннемеловой олистостроме. Для них характерны рифовые фации карбон-пермского и поздне триасового возраста в Таухинском террейне и позднепермского – в Самаркинском (месторождения Больничное, Натальинское, Санькин Ключ, Фроловское, Кузнецовское, Николаевское, Новицкое, Высокий Утес и др.). В Спасском террейне они могут принимать участие в чешуйчато-надвиговых структурах и олистостромовых толщах. Здесь известны месторождения известняков Длинногорское, Малые Ключи, Спасское и Прохоровское, доломитов – Бук-Прохоровское, Липовецкое и Первомайское. Группа месторождений известняков в районе г. Спасск-Дальний является основной цементной промышленностью края и используется для получения строительной извести, строительных камней, а доломиты – как сырье для глазурей [9, 10].

Для добавки в композиционные вяжущие представляет интерес изучение состава и генезиса золы уноса теплоэлектростанций Приморского края [11].

Владивостокская ТЭЦ-2 производит сжигание угля с применением ВИР-технологии, которая построена на современных приемах аэродинамики и после модернизации создает в топочной камере две зоны горения – низкотемпературную вихревую в нижней части топки и высокотемпературную в верхней, обеспечивая интенсивное дожигание. Рассредоточенная подача топлива и воздуха, а также внутритопочное рециркуляционное движение являются мощными инструментами низкоэмиссионного горения с высокой тепловой эффективностью топки.

В качестве основного проектного топлива за ВТЭЦ-2 закреплен бурый уголь Павловского разреза Чихезского месторождения. Павловский бурый уголь относится к марке «Б». Макроскопически плотный, темно-бурового цвета, по блеску преобладает матовый (реже полуматовый). Структура угля штриховато-полосчатая и линзовидно-полосчатая. В исходном растительном материале углей преобладают остатки стеблевой древесины, листовой паренхимы и коровые ткани. В составе углей преобладает витринит (80–99%). Бурые угли, добываются открытым способом. Основные характеристики угля: для первой очереди теплотворная способность – 2920 ккал/кг, зольность – 41%, влажность – 8,8%.

Артемовская ТЭЦ работает на каменном угле, в связи с чем возникает научный интерес в сравнении зол уноса Владивостокской ТЭЦ-2 и Артемовской ТЭЦ. Кроме того, для обеспечения выборки были исследованы золы других теплоэлектростанций края: Приморской ГРЭС (п. Лучегорск) и Партизанской ГРЭС.

Подводя итог, отметим, что муссонный климат юга Дальнего Востока вынуждает тщательнейшим образом защищать утеплитель от атмосферных воздействий («косых дождей») с помощью бетонного слоя повышенной водо- и паронепроницаемости. В качестве компонентов композиционного вяжущего рассмотрены местные природные и техногенные материалы [12–17].

## Литература

1. Федюк Р.С. Применение сырьевых ресурсов Приморского края для повышения эффективности композиционного вяжущего // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. – 2016. – № 1. – С. 28–35.

2. Смоляков А.К., Федюк Р.С. Исследование влажностного режима Приморского края с позиции влияния на строительные конструкции // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения: Материалы Междунар. академ. чтений. – Курск: Курский государственный университет, 2015. – С. 103–108.

3. Федюк Р.С., Козлов П.Г., Мочалов А.В., Тимохин А.М. Необходимость актуализации дорожно-климатического районирования юга Дальнего Востока // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2015. – № 4. – С. 90–99.

4. Лесовик В.С., Федюк Р.С. Бетоны с пониженной проницаемостью на сырьевых ресурсах Дальнего Востока // Современные строительные материалы, технологии и конструкции: Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 95-летию ФГБОУ ВПО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова». – Грозный: ГГНТУ, 2015. – С. 440–448.

5. Цвид А.А. О связи количества влаги, выпадающей на вертикальные поверхности, со скоростью ветра и осадками / А.А. Цвид, В.А. Данилов // Сборник научных работ ДВНИИС. – Благовещенск, 1964. – № 1. – Вып. 6. – С. 23–29.

6. Цвид А.А. Измерение осадков смачивающих вертикальные поверхности / А.А. Цвид // Сборник научных работ ДВНИИС. – Благовещенск, 1962. – № 3. – С. 25–32.

7. Кононец С.Н., Валитов М.Г., Изосов Л.А. Вознесенская гранит-риолитовая формация Приморья: проблемы геологии и металлогении // Региональные проблемы. – 2008. – № 10. – С. 55–63.

8. Москаленко Е.Ю., Крук Н.Н., Валуй Г.А. Новые данные по геологии и геохимии гранитоидов Успенского массива (южное Приморье) // Тихоокеанская геология. – 2011. – Т. 30. – № 5. – С. 80–92.

9. Попов В.К., Максимов С.О., Вржосек А.А., Чубаров В.М. Базальтоиды и карбонатитовые туфы Амбинского вулкана (юго-западное Приморье): геология и генезис // Тихоокеанская геология. – 2007. – № 4. – С. 75–97.

10. Shkrebtiy T.A., Fediuk R.S. Environmental reconditions of use the renewable energy sources in the Primorye Territory // Энергетика: эффективность, надежность, безопасность: Материалы трудов XXI Всерос. науч.-техн. конф. В 2 т. – 2015. – С. 55–56.

11. Fediuk R.S., Yushin A.M. The use of fly ash the thermal power plants in the construction // Materials Science and Engineering. – 2015. – № 93.

12. Федюк Р.С. Натурные исследования жилых зданий, построенных с применением несъемной опалубки из пенополистирола // Вестник гражданских инженеров. – 2015. – № 1 (48). – С. 127–133.

13. Мочалов А.В., Федюк Р.С. Методики проведения экспериментальных исследований параметров долговечности различных марок пенополистирола // Современное состояние и проблемы естественных наук: Сб. тр. Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов. – Югра: Юргинский технолог. ин-т, 2014. – С. 161–163.

14. Федюк Р.С., Фролова М.А. Аспекты применения пенополистирола в качестве утеплителя стен зданий // Инновационные материалы и технологии для строительства в экстремальных климатических условиях: Материалы I Всерос. науч.-техн. конф. с междунар. участием. – 2014. – С. 188–195.

15. Онищенко А.Б., Федюк Р.С., Баранов В.А. Долговечность пенополистирола // Научному прогрессу – творчество молодых: Материалы IX междунар. молодежной науч. конф. по естественнонаучным и техническим дисциплинам. В 3 ч. – 2014. – С. 197–198.

16. Федюк Р.С., Тимохин А.М., Муталибов З.А. Наружные железобетонные стены с несъемной опалубкой в условиях юга Дальнего Востока России // Молодой вчений. – 2014. – № 1-1 (04). – С. 11–15.

17. Федюк Р.С., Мочалов А.В., Ильинский Ю.Ю. Привлечение прямых инвестиций в Приморский край // Актуальные вопросы экономического развития регионов: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. / Пятигорский филиал ФГБОУ ВПО «Российский государственный торгово-экономический университет», Рекламно-информационное агентство на Кавминводах. – Пятигорск, 2013. – С. 178–183.

УДК 553.3/.9(571.66)

**Л.М. Хорошман, Г.А. Лазарев, И.М. Власова**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: gennl\_16@mail.ru*

## **КАМЧАТСКИЙ КРАЙ КАК ПРИРОДНО-УНИКАЛЬНЫЙ РЕГИОН РОССИИ**

В статье рассмотрены основные особенности и главные природно-уникальные ресурсы Камчатского края.

**Ключевые слова:** емкость ландшафтов, лососи, продуктивность, эндемик, реликт, флора, вулканы.

**L.M. Khoroshman, G.A. Lazarev, I.M. Vlasova**

*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: gennl\_16@mail.ru*

## **KAMCHATSKIYKRAI AS A UNIQUE REGION OF RUSSIA**

The article describes the main features and major natural and unique resources of the Kamchatka region.

**Key words:** capacity of landscapes, salmon, productivity, endemic, relic, flora, volcanoes.

Камчатский край в географическом отношении – природно-уникальный район [2, 3, 6–8, 11]. Природная уникальность региона определяется не только наличием того или иного природно-уникального ресурса или явления, но и их количественными характеристиками – системой вулканов, обилием термальных источников, площадью произрастания лиственницы курильской, запасами и видовым разнообразием лососей.

В то же время, Камчатский край, как природно-уникальный район, имеет две основные особенности [2, 6, 7, 11, 14]:

– ландшафты Камчатки уникальны и одновременно очень уязвимы для антропогенной деятельности;

– именно уникальные природные ресурсы являются сырьевой базой, обеспечивающее развитие рыбной и лесной промышленности, энергетики.

Уязвимость или низкая экологическая емкость камчатских ландшафтов обусловлена следующими причинами [2, 3, 7–9, 11]:

– общей суровостью природных условий, для которых характерна слабая восстановительная и самоочищающая способность биоценозов;

– современными геологическими процессами, при которых происходит непрерывное изменение структуры биоценозов;

– изолированностью Камчатки и, вследствие этого, ограниченностью видового состава живой природы;

– климатическими условиями (ураганно-штормовой режим погоды), усиливающими общую суровость природных условий, затрудняющими естественное развитие и восстановление ландшафтов.

Использование уникальных природных ресурсов и явлений в природно-хозяйственном освоении края определяет нестандартность экологической ситуации для Камчатки, когда охрана уникальных био- и зооценозов являет собой не только цель сохранения генофонда, но и обеспечивает развитие экономики Камчатского края.

Главный сырьевой природно-уникальный ресурс области – лососи [7]. Камчатка является крупнейшим в стране регионом по вылову лососей: в отдельные годы вылов достигал 150 тыс. т, а с учетом японского вылова около 390 тыс. т, что в пищевом отношении эквивалентно 1,3 млн

голов крупного рогатого скота. Это больше, чем производство мясного скота у таких развитых в сельскохозяйственном отношении стран, как Грузия, Киргизия, Туркмения, Армения, Таджикистан.

Если сравнить производство белковых продуктов (мясо и рыба) на человека, то один житель Камчатки (численность населения Камчатки составляет около 300 тыс. человек), производит их в 5 раз больше, чем в среднем каждый житель нашей страны. Причем мы имеем в виду вылов одних только лососей. Если же считать общий вылов рыбы на Камчатке, то этот показатель увеличивается более чем в 25 раз. Это выделяет Камчатку в ряд особых регионов нашей страны [7, 14].

Обилие лососей на Камчатке связано с комплексом благоприятных физико-географических и биологических особенностей полуострова.

Размножение лососей в реках имеет свои специфические особенности: на нерестилищах они зарывают оплодотворенную икру в речной грунт, в местах, где имеются выходы грунтовых вод. Обилие грунтового стока и чистота воды – неперенные условия успешного воспроизводства лососей. В этом отношении водоемы полуострова являются уникальным местом: обилие осадков, высокая водоаккумулятивная способность грунтов вулканического происхождения – все это обеспечивает высокую выживаемость инкубирующейся икры. Кроме этого, высокая рыбопродуктивность водоемов Камчатки зависит [3, 7, 11, 14]:

– от подпитки наиболее продуктивных рек термальными водами, создающими благоприятный инкубационный режим;

– от стока рек из вулканических пород, содержащих микроэлементы, формирующие особые биологические свойства воды.

Также в местных реках и озерах практически отсутствуют жилые виды рыб, являющиеся конкурентами молоди лососей в период их пресноводной жизни. Этим, в частности, объясняется наличие на Камчатке таких ценных видов лососей, как чавыча, нерка, кижуч, практически отсутствующих в других районах Дальнего Востока.

Все это определяет исключительно высокую промысловую продуктивность рек и озер Камчатки: она в десятки, а то и в сотни раз выше, чем продуктивность рек и озер Сибири и Европы. Так, например, наиболее продуктивное из озер Евразии – Псковско-Чудское, имеет показатель 30 кг/га, в то время как для озера Курильского на Камчатке известны величины до 1000 и более кг/га. Это небольшое (70 км<sup>2</sup>) озеро дает рыбы столько же, сколько давал в лучшие годы такой гигант, как Байкал, в котором, как известно, сосредоточена пятая часть всех пресных вод земного шара.

Соответствующие показатели обычны и для бассейнов рек Камчатки. Если для бассейна самой богатой рыбой Сибири – Оби продуктивность не превышает 20–25 кг/м<sup>2</sup>, то реки Камчатского края в целом имеют показатель на порядок выше. Для рек полуострова продуктивность составляет порядка 400 кг/м<sup>2</sup>, а для отдельных рек (Большая, Крутоберегово, Воровская) известны феноменальные показатели до 6000 кг/м<sup>2</sup> [7, 14].

Практически вся территория полуострова представляет собой естественное нерестово-вырастное угодье лососевых рыб, с показателями продуктивности, не уступающими, а порою и превосходящими показатели специальных рыбоводных хозяйств Европы, где занят многочисленный штат рыбоводов, строятся сложные гидротехнические сооружения и используются дорогостоящие кормовые смеси. При этом реки Камчатки воспроизводят значительно более высокоценную продукцию. Дикий лосось Камчатки высоко котируется на мировом рынке, являясь, таким образом, международной валютой.

Все естественное воспроизводство лососей на Камчатке практически осуществляется без вложения средств. Если бы осуществить этот процесс искусственным путем, потребовалось бы построить не менее 100 современных рыбоводных заводов, что обошлось бы в триллионы и триллионы рублей.

Лесорастительные условия и сам лес на Камчатке не имеют аналогов на остальной территории страны [3, 6, 8, 11, 12, 17].

В целом, для флоры Камчатки характерно обилие эндемичных форм в ранге подвида или разновидности [13].

Камчатские эндемы встречаются почти среди всех жизненных форм растений, в т. ч. среди древесных пород [5, 13]: например, к ним относятся ель камчатская (аянская), пихта камчатская (грациозная), береза авачинская, ольховник камчатский и др.

Флора полуострова насчитывает 286 эндемичных форм, что составляет 28% от общего количества видов [13].

Распространение особой камчатской группы эндемиков строго приурочено к многочисленным горячим вулканическим источникам (термам). Эти молодые виды возникли под влиянием специфических условий, создаваемых термами на базе исконных древних форм камчатской флоры [5, 7, 13].

Сильные вулканические катастрофы и ледниковые покровы вытеснили и уничтожили ту древнюю растительность, которая объединяла когда-то Камчатку с ближайшей частью Северной Америки и Японией.

К числу племянников «флористической старины» относятся хвойные леса из ели и лиственницы в центральной части полуострова, и роща пихты камчатской (*Abiesgracilis*) в долине р. Семьячик в бассейне Кроноцкого залива [1, 3, 7, 8, 13, 15].

К древним камчатским видам третичного родства относят и березу каменную (*Betulaermanii*), рассматривая современные каменноберезняки «за первоначальный и древнейший тип растительного покрова Камчатки, уцелевший после ухудшения климата страны и вымирания других видов» [7, 10, 17]. Аналогичную характеристику следует дать высокоствольным лесам из чозения (ивы пирамидальной), и близкую – к стелющимся лесам кедрового стланика (*Pinuspumila*) [16].

Интенсивные горообразовательные процессы и вулканическая деятельность, оледенения и морские трансгрессии в течение четвертичного периода и в послеледниковое время вызвали гибель и вымирание большинства умеренно теплолюбивых третичных растений, изоляцию некоторых из них в разного рода убежищах (рефугиумах) – в частности в пределах Центрально-Камчатской межгорной депрессии, и миграцию с севера арктических форм. Камчатка оказалась изолированной от соседних лесных районов Дальнего Востока, и местные видообразовательные процессы привели к образованию многочисленных эндемиков [1, 3, 6, 11].

В соответствии с преобладающим распространением зональных типов растительности территория края относится к двум природно-географическим зонам – к лугово-лесной (таежной) на юге, и к лесотундровой на севере. Однако горный, сильно пересеченный характер поверхности и охлаждающее влияние холодных Берингова и Охотского морей значительно осложняет эту элементарную схему широтной зональности. Граница между лугово-лесной и лесотундровой зонами на Камчатке, значительно отклоняется от нормального для нее широтного положения, и имеет сложный характер [9, 11].

При ботанико-географическом (геоботаническом) районировании обе зоны относятся к двум особым ботанико-географическим (геоботаническим) областям: Северотихоокеанской луговой и Берингийской кустарниковой.

Обе эти области специфичны для Дальнего Востока и по характеру свойственного им растительного покрова не имеют аналогов в других частях страны. Для Берингийской кустарниковой области трудно назвать на земном шаре другую ботанико-географическую область, аналогичную по особенностям ландшафта (это преобладание в составе лесной растительности темнохвойных стелющихся лесов).

В качестве же аналогов Северотихоокеанской луговой области можно назвать острова северной части Атлантического океана (Исландия и др.), южную оконечность Гренландии, а также, отчасти, крайнюю оконечность Южной Америки (Патагония, Огненная земля) и острова приантарктической части Тихого океана, юг Новой Зеландии, Тасманию. Все эти географические районы земного шара объединяет ярко выраженная океаничность климатического режима, благоприятствующая мощному развитию мезофильной луговой растительности и своеобразных парковых лесов и криволесий из лиственных пород [9, 11].

Особое положение в системе живой природы Камчатки занимают леса. Площадь эндемичной лиственницы курильской (*Larixkurilensis*) и ели аянской (*Piceajanensis*), из которых состоят хвойные леса Камчатки, произрастающие в уникальном природном районе – так называемом «Хвойном острове», расположенном в долине р. Камчатки, составляет менее 5% от лесопокрываемой площади полуострова [10, 15].

Уникальность камчатских хвойных лесов определяется островным положением их ареала, а также спецификой лесорастительных условий, обусловленных прошлой и современной вулканической деятельностью, не имеющих аналогов на остальной территории страны. Кроме этого, многие особенности микроклимата в слое растительного покрова способствуют сохранению растений при колебаниях условий внешней среды. Доказательством этого является возможность

длительного сохранения реликтовых лесов в районах, где изменившийся климат делает возобновление этих лесов после их вырубki невозможным [3, 6, 8, 10, 12].

Реликтовыми являются еловые леса Камчатки, сохранившиеся после плейстоценовых оледенений в Центрально-Камчатской межгорной депрессии и в предгорьях, окружающих ее с востока и запада горных сооружений. Они расположены на географической широте, близкой к северным пределам аянской ели.

Ель аянская (*Picea ajanensis*) – порода типично муссонного климата, болезненно реагирующая на недостаточность почвенного и атмосферного увлажнения. Поэтому наличие этого вида хвойных и особенно группировок с ее преобладанием на Камчатке – явление парадоксальное. Постоянное влияние современной вулканической деятельности, вызывающее пожары (к которым ель очень неустойчива) и пеплопады, специфичность почвогрунтов, отличающихся провальной водопроницаемостью, типично континентальный климат в Центрально-Камчатской депрессии, где они произрастают, с невысоким среднегодовым количеством осадков, и не совсем благоприятным для жизнедеятельности древесных растений распределением их по сезонам года (отчетливо выраженная засушливость начала вегетационного периода), все это не соответствует биологическим особенностям этого вида хвойных [3, 8, 12].

Устойчивости этой древесной породы в необычных для нее условиях способствуют, с одной стороны, специфика климата, приводящая к промерзанию почв в зимний период, с другой – особенности структуры древесного полога ее фитоценозов и состав их нижних ярусов, обуславливающие значительную глубину промерзания и длительное сохранение мерзлоты в почве. В наиболее благоприятный в погодно-климатическом отношении поздневесенний – раннелетний период в ельниках повсеместно имеется сезонная мерзлота в виде линз и прослоев. Благодаря наличию мерзлоты обеспечивается влагоснабжение еловых фитоценозов в это время почти независимо от количества выпадающих атмосферных осадков. Таким образом, еловым фитоценозам в условиях Камчатки свойственна автономность влагоснабжения, обусловленная ярко выраженными их способностями формировать специфичный фитоклимат [2, 8, 10, 12].

Уникально водорегулирующее значение еловых лесов. Благодаря наиболее длительному, по сравнению с другими лесными формациями, периоду снеготаяния, под ельниками наиболее долго сохраняется сезонная мерзлота, консервирующая определенные запасы воды, которая обеспечивает влагоснабжение ели. Часть влаги высвобождается при оттаивании мерзлоты, расходуется на пополнение запаса воды в реках. Особенно это важно в самый сухой период (май – июнь) для притоков р. Камчатки, куда заходят на нерест ценные лососевые. Перевод всей свободной влаги во внутрпочвенный сток (а половину своего питания, как ни в одном другом районе страны, реки Камчатки получают за счет стока подземных вод) и фильтрация ее сквозь рыхлую толщу отложений обеспечивает высокую чистоту воды.

Таким образом, по степени воздействия современного вулканизма и сопутствующих ему явлений, особенностям увлажнения, сложения и механического состава почвогрунтов, ельники Камчатки не имеют аналогов в нашей стране (а возможно, и в мире) [8, 10, 12, 15].

Эндемичен и вид лиственницы (*Larix kurilensis*), произрастающей на Камчатке. К основным особенностям лиственницы курильской, как вида, в отличие от других лиственниц, следует отнести [1, 4, 6, 10, 15]:

- исключительную пластичность и способность выдерживать длительное угнетение под воздействием абиотических факторов, образуя, в зависимости от местопроизрастания, экобиоморфы самого различного габитуса: от кустарниковой стланиковой формы до прямоствольного дерева высотой 25–30 м и диаметром 60–80 и более сантиметров;

- низкие показатели текущего прироста при общей продолжительности периода роста. Способность к увеличению текущего прироста при изменении условий в благоприятную сторону сохраняется у лиственницы до 180 лет;

- способность в местообитаниях лиственничников кустарниково-разнотравных образовывать прикомлевые бутылеобразные утолщения – при диаметре стволов на высоте груди 40–60 см, диаметр на пне может составлять 80–120 и более см;

- большую толщину коры в приштамбовой части ствола, в отдельных случаях до 25–27 см;

- высокое содержание в тканях коры лиственницы (физическая примесь) мелких фракций вулканического пепла и шлаков (в результате систематических вулканических пеплопадов на 1 см<sup>2</sup> поверхности коры в приштамбовой части дерева поступает до 10 граммов вулканогенных продуктов, которые механическим путем глубоко проникают в трещины и ткани коры).

Таким образом, хвойные леса Камчатки, состоящие из ели аянской и лиственницы курильской, находясь в географической изоляции, обладают рядом уникальных ботанико-географических особенностей.

Уникальна Камчатка и проявлениями тектонических сил, вулканическими извержениями. В этом смысле уникальность природных явлений Камчатки, как составной части Тихоокеанского огненного кольца, не имеет мировых аналогов.

Извержения вулканов и землетрясения – ценнейший информационный источник для изучения закономерностей геолого-географических планетарных процессов, при которых происходит деформация земной коры. Познание этих закономерностей важно для предсказания извержений вулканов, землетрясений, моретрясений и вызываемых ими катастрофических волн – цунами. Камчатка является уникальным полигоном для изучения этих явлений [2].

Исключительно важную информацию несут вулканы об условиях образования месторождений полезных ископаемых.

Вулканы периодически существенно изменяют окружающую среду, серьезно нарушая ее экологическое равновесие. Во время извержений, также как и во время других стихийных бедствий – землетрясений, цунами, гибнут растительность и животный мир, изменяются ландшафты, химический состав почв [2, 3, 11].

Кальдеры и вулканические плато – уникальные объекты для развития туризма [7].

Вулканы и вулканизм – уникальный ресурс (объект) как для проведения крупномасштабных научных исследований, так и для практического использования продуктов вулканической деятельности. Уже используются строительные материалы, нетрадиционные виды энергии – гидротермы и нагретые подземные породы [2, 7]. Кроме этого, на Камчатке имеются огромные возможности для использования колоссальной энергии приливов и ветровой энергии.

Таким образом, уникальность природного комплекса Камчатки определяется не только наличием объектов живой и неживой природы, но и особыми условиями их естественного воспроизводства и существования. Весь наш крупнейший регион представляет собой целостное природно-экологическое единство. Земля, вода многочисленных рек, озер, болот, тундра, леса со всеми живыми существами, обитающими в них – все это, практически, среда воспроизводства лососей, которые являются ценнейшим природно-уникальным ресурсом мирового значения.

### Литература

1. Бобров Е.Г. История и систематика лиственниц. – Л.: Наука, 1972.
2. Действующие вулканы Камчатки. – М.: Наука, 1991.
3. Зонн С.В., Карпачевский Л.О., Стефин В.В. Лесные почвы Камчатки. – М.: Изд-во АН СССР, 1963.
4. Дылис Н.В. Лиственницы Сибири и Дальнего Востока. – Л.: Изд-во АН СССР, 1961.
5. Ефремова Н.А. Заветные травы. – Петропавловск-Камчатский: Камшат, 1992.
6. Кабанов Н.Е. Пути рационального использования и воспроизводства лесов Камчатки // Леса Камчатки. – М., 1963.
7. Камчатка. Справочник туриста. – Петропавловск-Камчатский: Изд-во РИО КОТ, 1994.
8. Карпачевский Л.О., Метельцева Е.П. К истории хвойных лесов на Камчатке // Ботан. журн. – 1966. – Т. 1. – № 1.
9. Куницын Л.Ф. Опыт природного районирования Камчатки // Природные условия и районирование Камчатской области. – М.: Изд-во АН СССР, 1963.
10. Лазарев Г.А. Лесные острова // Камчатка: Информационный дайджест 1(3).97. – Петропавловск-Камчатский: Камшат, 1997.
11. Любимова Е.Л. Камчатка. Физико-географический очерк. – М.: Географиздат, 1961.
12. Манько Ю.И., Ворошилов В.П. Еловые леса Камчатки. – М.: Наука, 1978.
13. Определитель сосудистых растений Камчатской области. – М.: Наука, 1981.
14. Северная Пацифика: Региональный рыбацкий информационный дайджест. – Петропавловск-Камчатский: Камшат, 1996. – № 2/96.
15. Стариков Г.Ф., Дьяконов П.Н. Леса полуострова Камчатки. – М.: Гослесбумиздат, 1952.
16. Хоментовский П.А. Экология кедрового стланика на Камчатке. – Владивосток: Дальнаука, 1995.
17. Шамшин В.А. Каменноберезовые леса Камчатки: биология, экология, строение древостоев. – М.: ГЕОС, 1999.

УДК 502.51(285.2:470.26)

**Н.А. Цупкиова, Т.А. Берникова, Е.Н. Блоцкая, Е.А. Рябцева**

*Калининградский государственный технический университет,  
Калининград, 236022  
e-mail: tsoupikova@klgtu.ru*

### **ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ СИСТЕМЫ ПРУДОВ ВЕРХНЕГО И НИЖНЕГО (Г. КАЛИНИНГРАД) КАК РЕКРЕАЦИОННОГО ОБЪЕКТА ВНУТРИ УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ**

Современный густо застроенный город остро нуждается в пространствах, обеспечивающих жителям возможность краткосрочного отдыха и восстановления сил. Одно из таких мест в г. Калининграде – район системы прудов Верхнего и Нижнего. Будучи расположенными в центре города с интенсивным уличным движением и довольно загрязненным атмосферным воздухом, эти водоемы испытывают достаточно серьезную антропогенную нагрузку. Результаты мониторинга экологического состояния прудов показали, что воды прудов являются умеренно загрязненными, альфамезосапробными.

**Ключевые слова:** городские водоемы, антропогенное воздействие, экологическое состояние, биогенные вещества, кислород, перманганатная окисляемость.

**N.A. Tsoupikova, T.A. Bernikova, E.N. Blotskaya, E.A. Riabtseva**

*Kaliningrad State Technical University,  
Kaliningrad, 236022  
e-mail: tsoupikova@klgtu.ru*

### **ECOLOGICAL CONDITION OF THE VERKHNY-NIZHNY PONDS SYSTEM (KALININGRAD) AS RECREATIONAL FACILITY IN URBAN AREA**

A modern densely populated city is in desperate need of spaces providing its residents a possibility for short-term recreation. One of such places in the city of Kaliningrad is the Verkhny-Nizhny tandem reservoir system. It is located in the city center with heavy traffic and acute air contamination. These reservoirs suffer quite severe human pressure. The results of environmental monitoring showed that water in the reservoirs is moderately polluted and alfamesosaprobic.

**Key words:** urban water bodies, anthropogenic impact, ecological condition, nutrients, oxygen, permanganate value

Жители урбанизированных территорий подвержены постоянному психоэмоциональному давлению, вызываемому ускоренным и перегруженным ритмом жизни. Гармоничное устойчивое развитие урбанизированного пространства требует обеспечения высокого качества городской среды. Проблему могут решить рекреационные возможности городских территорий – парков, скверов, берегов водоемов и водотоков и прочих внутригородских резортов, т. е. таких участков окружающей среды, находясь в пределах которых, люди могут улучшить свое физиологическое и психологическое состояние, восстановить трудоспособность [1].

В то же время, водоемы урбанизированных территорий, обычно небольшие, часто рукотворные, подвергаясь все большей антропогенной нагрузке, становятся одними из наиболее уязвимых элементов городского ландшафта, нередко теряя способность к самоочищению. Тем не менее, водные объекты продолжают выполнять в городах разнообразные и очень важные природные и обусловленные потребностями города функции: микроклиматическую, эколого-биологическую, санитарную, рыбохозяйственную, водохозяйственную, инженерную, культурно-историческую, декоративную, рекреационную и т.п. Водоемы, реки, ручьи формируют ландшафтный облик городов, будучи неотъемлемыми элементами ландшафтно-архитектурных сис-

тем населенных пунктов, осуществляют отвод поверхностного и дренажного стока. Состояние водных объектов во многом определяет социально-экономическую и эстетическую привлекательность городской среды.

Для городского округа «Город Калининград» особое значение имеет бассейн пруда Верхнего, охватывающий значительную территорию. Пруд принимает сток двух ручьев и реки, два ручья из него вытекают. Кроме того, воды пруда через дюкер поступают в пруд Нижний, из которого через подземный водовод вода сбрасывается в р. Преголю (главная водная артерия города, водоток высшей рыбохозяйственной категории). Морфологические данные прудов приведены в таблице.

Таблица

**Морфометрические характеристики прудов [2]**

Название пруда	Площадь, га	Длина, м	Ширина, м
Верхний	41,1	900	100–390
Нижний	9	1200	55–90 м

Пруд Нижний – самый старый из искусственно созданных прудов города, сохранившийся до настоящего времени, он заложен в 1256 г. Пруд Верхний – моложе, создан в 1270 г., использовался для разведения рыбы. В настоящее время бассейн пруда Верхнего является существенным элементом антропогенного ландшафта, формирует особенности парковой и городской архитектуры, выполняет рекреационную функцию. На берегах и в непосредственной близости от прудов расположены Калининградский областной историко-художественный музей, Дворец творчества детей и молодежи, здание «ГТРК Калининград», памятник Александру Маринеско (на берегу пруда Нижнего); оборонительные башни (Дона – в ней расположен Музей янтаря – и Врангель), парк «Юность» (у пруда Верхнего). Набережные прудов характеризуются высокой рекреационной посещаемостью, сопряженной с возникновением большого количества объектов туристической инфраструктуры. Акватория прудов и прилегающие участки водосборного бассейна являются местом обитания и часто гнездования различных видов птиц (лебеди, чайки, кряквы, лысухи). На площади бассейна представлены растения, включенные в «Красную книгу планеты» (гинкго двлопастный), в «Красную книгу России» (виноград девичий триостренный, птерокария сумахолистная, сосна кедровая европейская, сирень венгерская, яблоня Сиверса «Глория», кизильник блестящий), и охраняемые на территории Калининградской области (жарновец метельчатый) [3]. В самих прудах и некоторых ручьях водится рыба (караси, лини, окуни и др.) – объект любительского лова.

Муниципальные власти делают определенные шаги по улучшению экологической обстановки на водоемах городского округа. Проведена масштабная реконструкция зоны отдыха вокруг Верхнего пруда. В комплексе с благоустройством парка «Юность» был реконструирован и облагорожен пруд Верхний: очищено дно водоема, сопровождавшееся вывозом нескольких сотен тысяч кубометров илистых отложений, затампонированы несанкционированные выпуски непосредственно в пруд и врезки в дренажную канализацию, на берегах обустроены променады, появились некоторые новые элементы рекреационной инфраструктуры (прокат катамаранов, летние кафе и пр.). Введено в эксплуатацию некогда знаменитое водосбросное сооружение из пруда Верхнего в пруда Нижний – «Каскады Замкового пруда». В то же время, следует отметить, что водотоки, питающие пруд Верхний, загрязнены, замусорены, захламлены, являются приемниками ливневой, промышленной и бытовой канализации. За последние годы многие источники стоков в притоки переключены на локальные очистные сооружения или на общегородскую канализацию, более ста выпусков выявлены и находятся под контролем. Долгие годы на высоком северном берегу пруда Нижнего располагался плохо обустроенный общественный туалет, сильно загрязняющий грунтовые воды, рядом находился ликероводочный завод, вносящий свой вклад в загрязнение водоема. В результате северная часть пруда, особенно перед дамбой, затрудняющей водообмен с его остальной частью, оказалась сильно эвтрофированной. На дне накопились загрязненные донные отложения, вызывающие постоянное вторичное загрязнение.

В такой ситуации необходимость мониторинга экологического состояния прудов не вызывает сомнений. Эта работа проводится студентами и преподавателями кафедры ихтиологии и экологии КГТУ, изучается содержание растворенного кислорода, биогенных веществ, величины перманганатной окисляемости, некоторых других показателей.

Рассматриваемые в работе данные собраны в ходе ежемесячных исследований, проводимых в 2015–2016 гг. На пяти станциях в пруду Верхнем и трех станциях в пруду Нижнем в поверхностном слое измерялась температура, величина pH и отбирались пробы воды (рис. 1). Гидрохимический анализ проводился в лаборатории КГТУ по стандартным методикам. Приводимые в работе графики и диаграммы составлены по данным, осредненным по станциям отдельно для каждого пруда. Анализ собранного материала показал следующее.

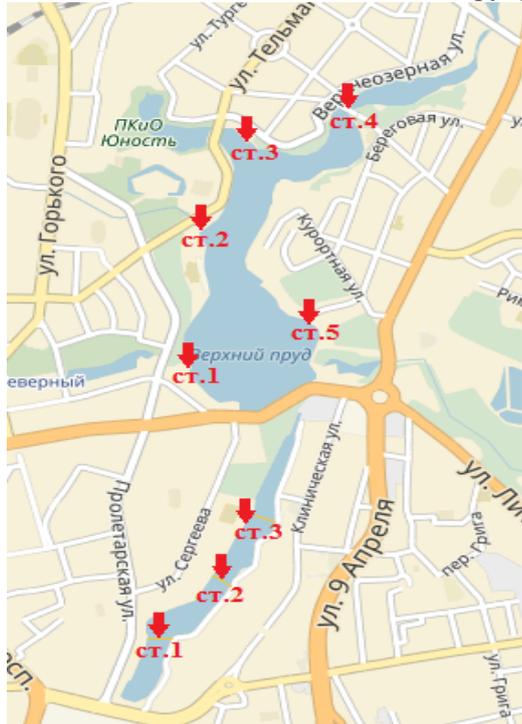


Рис. 1. Схема расположения станций на пруду Верхнем и пруду Нижнем

Кислородные условия характерны для сильно эвтрофированных водных экосистем: дефицит (40–45%) в осенне-зимний период и перенасыщение (120–140%) летом. Последнее обусловлено активной фотосинтезирующей деятельностью фитопланктона и высшей подводной растительности. Дефицит кислорода отмечен и в теплый период в жаркую безветренную погоду. Так, в мае 2015 г. насыщенность воды кислородом падала до 42%. В целом концентрация кислорода в рассматриваемый период изменялась в пределах 13–4 мг/дм<sup>3</sup> (рис. 2), порой опускаясь практически до нижнего предела ПДК [4]. Сезонность почти не выражена. Содержание кислорода в меньшем по площади и более мелком пруду Нижнем несколько ниже, чем в пруду Верхнем.

Перманганатная окисляемость в соответствии с классификацией [5] изменялась от средней (6–8 мгО/дм<sup>3</sup>) до повышенной (до 20 мгО/дм<sup>3</sup>). Окисляемость воды в пруду Нижнем (за исключением июня и августа 2016 г.) заметно ниже, чем в пруду Верхнем (рис. 3). Сезонность также выражена слабо.

Перманганатная окисляемость в соответствии с классификацией [5] изменялась от средней (6–8 мгО/дм<sup>3</sup>) до повышенной (до 20 мгО/дм<sup>3</sup>). Окисляемость воды в пруду Нижнем (за исключением июня и августа 2016 г.) заметно ниже, чем в пруду Верхнем (рис. 3). Сезонность также выражена слабо.

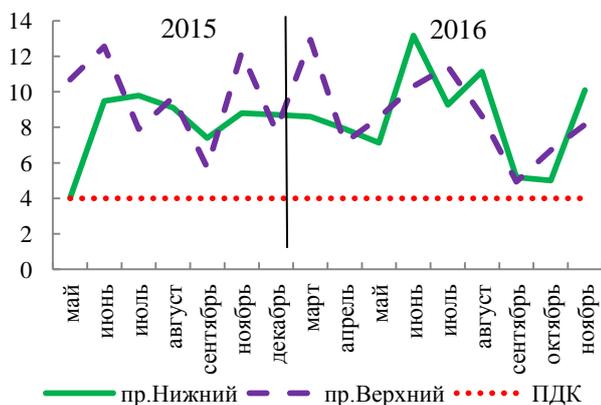


Рис. 2. Содержание растворенного кислорода, мг/дм<sup>3</sup>

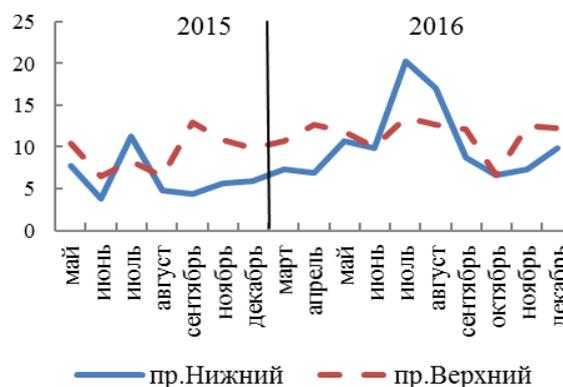


Рис. 3. Динамика перманганатной окисляемости, мгО/дм<sup>3</sup>

Содержание соединений азота оценивалось по величине азота аммонийного и нитрит-ионов. Концентрация азота аммонийного почти всегда превышала ПДК, но в пруду Нижнем она была чуть ниже, чем в Верхнем (рис. 4).

Нитрит-ионы обнаружены в больших количествах (до 0,13–0,53 мг/дм<sup>3</sup>), выходящих за рамки ПДК в пруду Верхнем в июне и ноябре, в пруду Нижнем – в июле и в августе (0,53 мг/дм<sup>3</sup>).

Концентрация фосфора фосфатов тоже часто превышала ПДК. Годовой ход нарушен, особенно в 2015 г., когда максимум наблюдался весной, а минимум – в осенне-зимние месяцы (рис. 5).

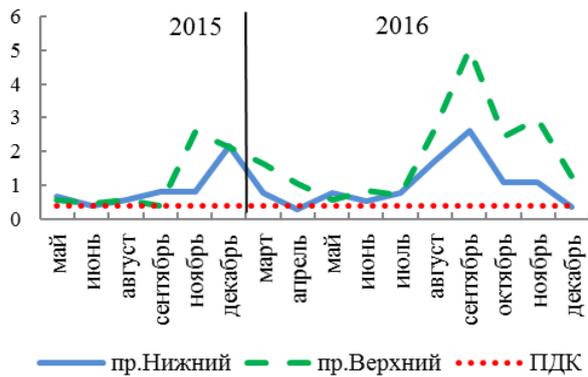


Рис. 4. Содержание азота аммонийного,  $\text{mgN}/\text{dm}^3$

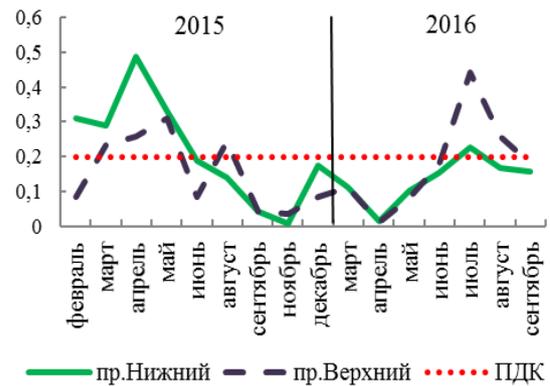


Рис. 5. Содержание фосфора фосфатов,  $\text{mgP}/\text{dm}^3$

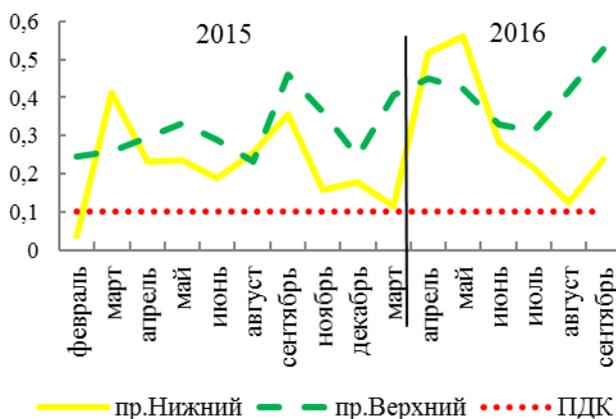


Рис. 6. Содержание железа общего,  $\text{mgFe}/\text{dm}^3$

Много в водах прудов растворено железа, концентрация которого почти всегда в разы превышала ПДК (рис. 6). Повышенное содержание железа можно объяснить существенной долей грунтовых вод, обогащенных железом (это характерно для Калининградской области [6]), в водном питании мелководных прудов.

В заключение следует подчеркнуть следующее. Наблюдения 2015–2016 гг. подтвердили сделанное нами ранее (в восьмидесятые-девяностые годы) заключение о трофическом статусе системы пруд Верхний – пруд Нижний. Водоемы эвтрофные, по классу сапробности – альфамезосапробные (воды пруда Верх-

него по содержанию азота аммонийного – полисапробные) в соответствии с ГОСТ 17.1.2.04-77 [7]. Какие-либо определенные и устойчивые различия в гидрохимических условиях ни по годам, ни между прудами не обнаружены.

Сезонность в годовом ходе всех элементов не просматривается или нарушена. С одной стороны, это легко объяснимо небольшими размерами и малыми глубинами водоемов, что резко снижает возможность самоочищения. Такие водные объекты весьма чувствительны к любому внешнему воздействию, включая изменения погодных условий.

Высокий уровень содержания органических (величина перманганатной окисляемости) и биогенных веществ свидетельствуют о загрязнении. В пруд Верхний поступает загрязненная вода впадающих в него водотоков, в пруду Нижнем, кроме того, может проявляться вторичное загрязнение.

Реконструкция и облагораживание берегов и прилегающих территорий, глубокая очистка самих водоемов превратили рассматриваемую систему прудов в объект рекреации (нужно заметить, что такие же резорты созданы в самые последние годы еще на одном небольшом городском пруду – пруду Поплавок, и на части правой набережной р. Преголи). Все эти объекты теперь отличаются высокой и очень высокой рекреационной посещаемостью, у пруда Верхнего проводятся различные спортивные и культурные мероприятия (День Молодежи, парусная регата и др.), их берега активно используются для любительского рыболовства.

Тем не менее, отдельные мероприятия, направленные на улучшение экологического состояния внутригородских водных объектов, не дают устойчивого значительного эффекта – необходимо разработать комплексную программу по оздоровлению и сохранению водоемов города, предусматривающую санацию всего водосборного бассейна системы прудов Верхнего и Нижнего. Необходимо добиваться неукоснительного выполнения законодательства по охране водных

объектов, ужесточив наказание за нарушение его требований. Провести механическую очистку берегов и русел ручьев. Осуществлять систематический мониторинг состояния водной среды. Устойчивое развитие городской среды немыслимо без полноценного использования ее водного пространства, сохранения и органичного включения водных объектов в архитектурно-планировочную структуру города.

### **Литература**

1. Суздалева А.Л., Безносов В.Н., Суздалева А.А. Экологические и социально-экологические основы проектирования городских резортов // Экология урбанизированных территорий. – 2012. – № 3. – С. 29–34.
2. Водоемы Калининградской области [Электронный ресурс]. – URL: [http://gossmi.ru/page/gos1\\_72.htm](http://gossmi.ru/page/gos1_72.htm) (дата обращения: 29.01.2017).
3. Берникова Т.А., Цупикова Н.А., Нагорнова Н.Н. Роль водных объектов в обеспечении устойчивого развития городской среды (на примере бассейна пруда Верхнего в г. Калининграде) // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2013. – № 4. – С. 97–106.
4. Об утверждении методических указаний по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: Приказ Федерального агентства по рыболовству от 04.08.2009 г. № 695 // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. – 2009. – № 43.
5. Алекин О.А. Основы гидрохимии: Учеб. пособие для студ. гидрометеорологических ин-тов и гос. ун-тов / О.А. Алекин. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 444 с.
6. Подземные воды Калининградской области [Электронный ресурс]. – URL: <http://geodis39.ru/groundwaterhydro.html> (дата обращения: 28.08.2017).
7. ГОСТ 17.1.2.04-77 Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов // Сб. ГОСТов. – М.: Изд-во стандартов, 2000. – С. 51–62.

УДК 502.51(556.55:470.26)"2016"

**Н.А. Цупикова, Е.А. Лозицкая**

*Калининградский государственный технический университет,  
Калининград, 236022  
e-mail: tsoupikova@klgtu.ru*

**ВЛИЯНИЕ РЕКРЕАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ  
НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПРУДА ПЕЛАВСКОГО  
(Г. КАЛИНИНГРАД) В 2016 Г.**

В представленной работе описываются результаты экологического мониторинга, проводившегося в 2016 г. на одном из официальных купальных водоемов г. Калининграда – пруду Пелавском. Основной целью исследования является изучение экологического состояния пруда для выявления и предупреждения возможных неблагоприятных последствий активной антропогенной нагрузки. К контролируемым показателям воды относятся растворенный кислород, перманганатная окисляемость, биогенные вещества.

Использование пруда Пелавского в рекреационных целях носит сезонный характер. Объектом массового отдыха он является в период с погодными условиями, благоприятными для купания. Летом 2016 г. для оценки рекреационной нагрузки были проведены натурные наблюдения за состоянием зоны отдыха и предварительно оценен объем биогенных веществ, поступающих в воду пруда от отдыхающих. Наблюдения проводились как в будние, так и в выходные дни. Полученные результаты биогенной нагрузки от купающихся сопоставлены с годовым ходом некоторых гидрохимических показателей.

**Ключевые слова:** купальные водоемы, рекреационная нагрузка, экологический мониторинг, гидрохимическая характеристика.

**N.A. Tsoupikova, E.A. Lozitskaya**

*Kaliningrad State Technical University,  
Kaliningrad, 236022  
e-mail: tsoupikova@klgtu.ru*

**ENVIRONMENTAL IMPACT OF RECREATION ON THE CONDITION  
OF THE PELAVSKY POND (KALININGRAD) IN 2016**

The article describes the results of environmental monitoring of the Pelavsky Pond in 2016 which is one of the official bathing water bodies in the city of Kaliningrad. The main objective of the research was to study environmental situation in the pond for detecting and preventing possible adverse effects related to human activities. Main indicators included dissolved oxygen, permanganate value and nutrients.

Recreational use of the Pelavsky is seasonal. It becomes a popular object of mass leisure only during the period of favorable weather conditions for swimming. In the summer of 2016 we performed field studies to assess the general condition of the recreation area and its facilities as well as to pre-estimate an amount of nutrients entering the water from swimming people. Observations were carried out both on weekdays and weekends. The obtained results of nutrient load from swimming people were compared to the seasonal change of some hydrochemical indicators.

**Key words:** bathing water bodies, recreational load, environmental monitoring, hydro-chemical characteristics

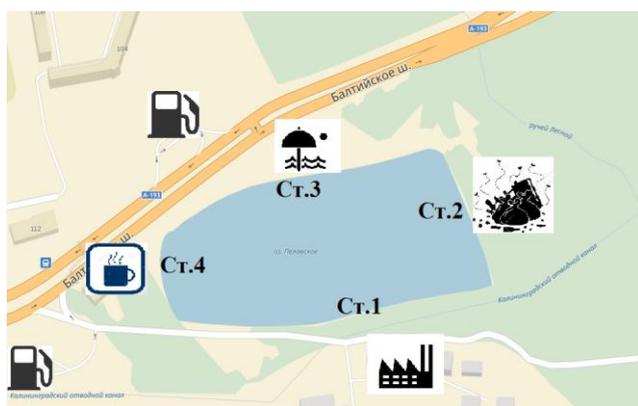
В современных городах, особенно крупных, в условиях уплотняющейся застройки и усиления психологического давления, возрастает потребность во внутригородских зонах кратковременного отдыха, особенно для менее подвижной части населения (дети, пенсионеры). Отдых на берегах водоемов и в связанных с ними парках и скверах является одной из наиболее привлекательных возможностей для населения городов, что обуславливает рост рекреационного спроса на акваториальных комплексах. Водные экосистемы являются важными элементами город-

ского ландшафта и играют важную роль в функционировании урбанизированных территорий: выполняют архитектурно-эстетическую, рыбохозяйственную, эстетическую, рекреационную функцию, служат для создания запасов воды, водоснабжения населения и др.

В г. Калининграде насчитывается несколько сот водоемов, большинство которых имеют искусственное происхождение. В основном, это пруды двух типов: копаные и подпрудные. Большая их часть имеет очень небольшой размер: площадь водного зеркала не превышает 1000 м<sup>2</sup>, многие даже не имеют названий. К средним прудам с площадью от 2 до 10 га [1] можно отнести Пелавский, Филиппов, Поплавок, Нескучный, Нижний, Школьный и др.

Из этого множества купальными являются всего три, до недавнего времени четыре: Пелавский, Карповское, Голубые. Ежедневно, особенно по выходным дням, большое число горожан отдыхает на этих городских прудах. Концентрация посетителей на них довольно велика, а небольшие водоемы хуже справляются с интенсивной антропогенной нагрузкой.

Объектом исследования выступает пруд Пелавский, расположенный на юго-западной



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:



Рис. 1. Расположение станций и основных объектов на пруду Пелавском

Неподалеку от пруда расположены две автозаправочные станции. В 30 м от берега с южной стороны находится огороженная территория животноводческого завода ООО «Откормочное», между ней и берегом – кострища, с западной стороны – кафе. На восточном берегу, на расстоянии около 40 м, было обнаружено место скопления мусора (необорудованная, несанкционированная свалка, существующая постоянно). Для любительского рыболовства (на удочку) местные жители обычно используют восточную часть пруда. К северу от водоема в 30–70 м проходит оживленная автотрасса, в летнее время на северном берегу оборудуется зона отдыха.

Длина пляжа составляет около 250 м. Пляж травянистый, в летнее время коротко стриженный. На время купального сезона в зоне отдыха устанавливают знаки с дополнительной информацией (правила поведения на воде, запрещающие знаки), спасательный пост, дополнительные мусорные баки, биотуалеты, раздевалки; выделяют зону для купания детей, в целях безопасности ставят буйки.

В целях оценки рекреационной нагрузки на водоем на основе натуральных наблюдений летом 2016 г. был выполнен подсчет отдыхающих в разные дни недели и произведена оценка степени соответствия пруда и пляжа действующим нормативам для купальных водоемов (табл. 1) [2].

Место оказалось очень популярным среди горожан, о чем свидетельствует большое количество рекреантов (более 200 человек при длине пляжа около 250 м). Не было замечено ни одной машины на берегу пруда. Все автомобили располагались вдоль Балтийского шоссе и по дороге вдоль восточного берега (расстояние до уреза воды – около 30 м). На пляже имеется спасательная станция, на воде постоянно находилась лодка с работниками спасательной службы. Перед

окраине города Калининграда. Пруд непроточный, имеет почти правильную округлую форму (коэффициент извилистости – 1,11). Согласно расчетам авторов, его длина 330 м, максимальная ширина (153 м) незначительно отличается от средней (около 150 м). Площадь водного зеркала составляет 5 га, протяженность береговой линии 880 м (рис. 1).

Как показали результаты промеров, выполненных с помощью эхолота «SimbiaCPS-200» осенью, при нормальном уровне воды в пруду, его средняя глубина составляет 5,6 м, максимальная – 8,5 м. В водном питании пруда значительную часть составляют атмосферные осадки, в межень – подземные воды.

По берегам пруда с трех сторон кустарники, с двух – крупные деревья. Берега с южной и восточной сторон умеренно крутые, с северной стороны берег пологий. Дно пруда с западной и южной стороны преимущественно илистое, с северной и восточной песчанистое.

началом купального сезона дно пруда предварительно было очищено водолазами в начале мая 2016 г., а также было подготовлено место для купания детей. Пляж оборудован биотуалетами (3 шт.) и кабинками для переодевания. Количество урн оказалось недостаточным для такого потока людей (две небольших урны и один контейнер), в связи с чем появились мусорные кучи на территории, прилегающей к водоему.

Таблица 1

Состояние пляжа пруда Пелавского во время купального сезона 2016 г.

Показатель	Оценка
Количество отдыхающих (за час)	180–300
Соответствие площади водного объекта количеству отдыхающих	да
Наличие спасательной службы	да
Очистка дна водолазами	да
Наличие щитков с правилами и спасательными кругами	да
Биотуалеты	3 шт.
Кабинки для переодевания	да
Урны (расстояние не более 100 м)	нет
Ограничение границы заплыва буями	да
Участки акватории для купания детей	да
Душ	нет
Наличие баков с питьевой водой или фонтанчиков от водопроводной сети	нет
Количество машин	70–120

На западном берегу в течение всего периода наблюдений постоянно обнаруживалось наибольшее количество мусора (оконные рамы, автомобильные колеса, бутылки, деревянные балки и т. д.). Вода в этой части пруда зацвела уже в марте, при этом рост биомассы водной растительности продолжался и в летние месяцы, в отличие от других участков водоема, где цветение было не таким активным или вовсе не было отмечено.

Согласно данным архива погоды [3] в течение официального купального сезона 2016 г. общее число благоприятных для отдыха дней (с температурой воздуха более 20° и без осадков) в г. Калининграде составило 41 (табл. 2.).

Таблица 2

Число благоприятных для пляжного отдыха дней за период июнь-август в 2016 г.

Месяц	Июнь	Июль	Август	Всего
Число дней	13	18	10	41

Время нахождения отдыхающих на данном пляже не регулируется, но наиболее благоприятные условия для купания складываются приблизительно с 10.00 до 18.00, т. е. время, в течение которого акватория подвержена рекреационному воздействию, равняется 8 часам. Учитывая, что во время одного купального сезона в водоем поступает в расчете на одного отдыхающего 6,5 г фосфора и 70 г азота [4], количество биогенных веществ, попавших в воды пруда Пелавского от купающихся за лето 2016 г., составило более 7 кг  $P_{\text{общ}}$  и не менее 15 кг  $N_{\text{мин.}}$ . Для того, чтобы водоем мог справиться с этими загрязнителями путем самоочищения, на одного купающегося должно приходиться в среднем не менее 160–200 м<sup>2</sup> водной поверхности [4], что как раз приблизительно и соответствует текущей ситуации на пруду Пелавском.

Для контроля экологического состояния водоема осуществляется ежемесячный мониторинг некоторых гидрологических, гидрохимических показателей (растворенный кислород, перманганатная окисляемость, биогенные вещества) и фитопланктона на четырех прибрежных станциях. Определяемые в ходе лабораторного гидрохимического анализа вещества довольно равномерно распределены по площади пруда, поэтому данные, приведенные на графиках, осреднены по четырем станциям.

Для концентрации минерального фосфора в течение всего 2016 г. характерен правильный сезонный ход: в период вегетации она снижалась до минимальных значений, в зимние месяцы достигла максимума. В конце весны уровень фосфатов упал до уровня «следы», что свидетельствует об интенсивности протекающего в воде фотосинтеза. Превышения допустимых концентраций для водоемов культурно-бытового использования (3,5 мг P/дм<sup>3</sup>) [5] не выявлено (рис. 2).

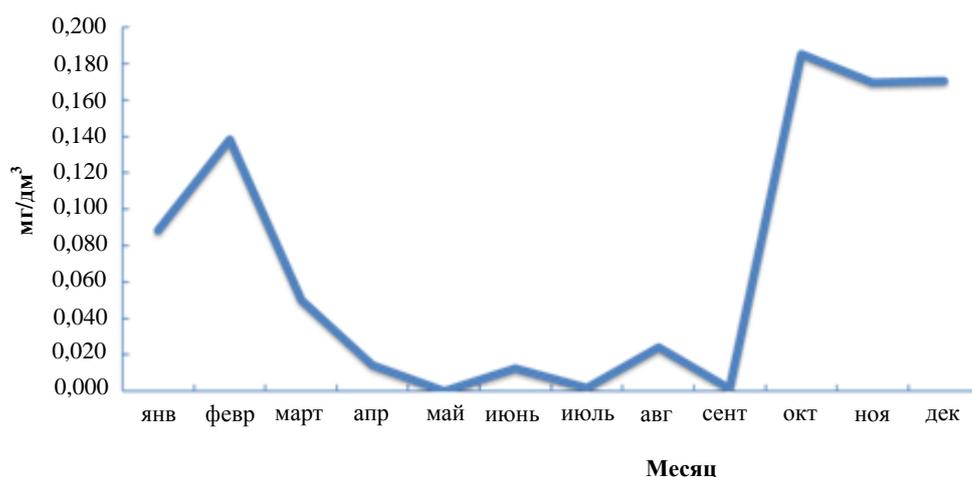


Рис. 2. Содержание фосфора фосфатов, 2016 г., мгP/дм<sup>3</sup>

Содержание аммонийного азота в пруду Пелавском отличается сложностью. Максимальное значение во всех точках отбора проб отмечено в декабре (более 5 мг/дм<sup>3</sup>), минимальное – в феврале-марте (около 0,2 мг/дм<sup>3</sup>). В половине случаев его концентрация не соответствуют нормам для культурно-бытовых водоемов (1,5 мг N/дм<sup>3</sup>), в отдельные месяцы превышая предельные значения более чем в три раза (рис. 3).

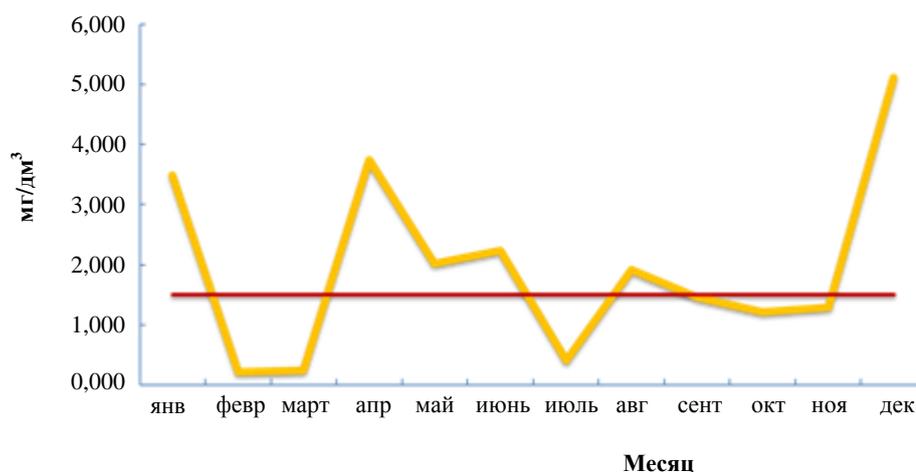


Рис. 3. Содержание азота аммонийного, 2016 год, мг N/дм<sup>3</sup>

Содержание нитритного азота в течение всего года достаточно низкое, однако его динамика не соответствует нормальному годовому ходу. Наибольших значений этот показатель достигает не только в летние месяцы, но также и в зимнее и осеннее время.

Повышенные концентрации растворенных биогенных веществ в пруду, вероятно, послужили причиной обильного цветения воды на станциях, расположенных на южном берегу пруда – у завода, и на западном – у кафе, что существенно снижает эстетическую и рекреационную ценность водоема и в будущем может сделать водоем непригодным для купания.

Вследствие увеличения биомассы водной растительности при таком цветении образуется избыток органических соединений, и качество воды снижается, усиливается эвтрофикация водоема. Показателем, косвенно характеризующим количество легко окисляемых органических веществ в воде, является перманганатная окисляемость. В пруду Пелавском ход перманганатной окисляемости в течение года не выражен, изменяется скачкообразно и за период наблюдений колебался от менее 3 до почти 10 мг/дм<sup>3</sup> (рис. 4). По величине перманганатной окисляемости воды пруда Пелавского по классификации О.А. Алекина относятся к категории «средних» [6].

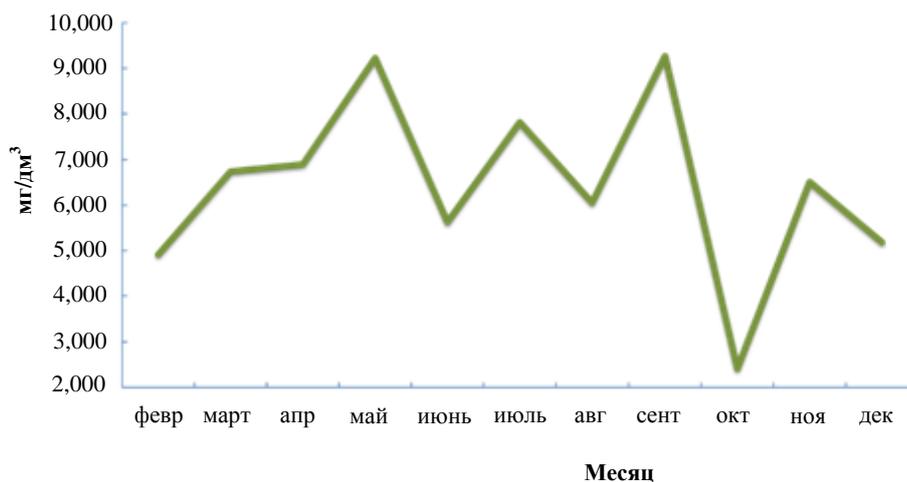


Рис. 4. Динамика перманганатной окисляемости, 2016 г., мгО/дм<sup>3</sup>

Таким образом, пруд Пелавский – средний по площади водного зеркала (5 га) и по глубине (средняя глубина – 5,6 м, максимальная – 8,5 м), один из немногих водных объектов города, на которых официально разрешено купание. Небольшие размеры и непроточность водоема обуславливают сниженную способность к самоочищению, но в то же время создаются условия для перемешивания загрязняющих веществ.

Побережье и акватория пруда испытывают значительную рекреационную нагрузку, по результатам наблюдений число отдыхающих варьировало в пределах 180–300 чел./час при небольшой длине пляжа (250 м). Важным недостатком благоустройства территории пляжа стала нехватка урн для мусора, в результате чего отходы просто складировались на площади водосбора. В течение купального сезона 2016 г. в воды пруда Пелавского поступило от отдыхающих более 7 кг общего фосфора и не менее 15 кг минерального азота. Однако анализ сезонного хода химических веществ показал, что, несмотря на активное рекреационное использование пруда в летний период, пиковых значений биогенных элементов в соответствующие месяцы не наблюдалось. Следовательно, биогенная нагрузка от пляжного отдыха и купания является не единственным и не главным источником загрязнения, и необходимо также учитывать их поступление со всей территории водосборного бассейна.

Концентрация аммонийного азота превышала нормы для культурно-бытовых водоемов, иногда – более чем в три раза. Выявлено нарушение правильного годового хода нитритного азота, перманганатной окисляемости, что, как правило, свидетельствует о загрязнении водоема. Избыток биогенных веществ стимулирует эвтрофирование водоема, которое может неблагоприятно сказаться на санитарном состоянии объекта и изменить его трофический статус.

### Литература

1. Мишон В.М. Функционально-генетическая классификация прудов Центрального Черноземья // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. – Воронеж, 2003. – № 3 – С. 23–32.
2. Об утверждении порядка классификации объектов туристской индустрии, включающих гостиницы и иные средства размещения, горнолыжные трассы и пляжи, осуществляемой аккредитованными организациями: Приказ Министерства культуры Российской Федерации от 11 июля 2014 г. № 1215 // Рос. газ. – 2015. – 6 февраля.
3. Архив погоды в Калининграде [Электронный ресурс]. – URL: [http://rp5.ru/Архив\\_погоды\\_в\\_Калининграде](http://rp5.ru/Архив_погоды_в_Калининграде) (дата обращения: 20.01.2017).
4. Кондратов С.И., Купрюшин А.П., Чудаков А.А. Создание искусственных водоемов для рекреации // Вестник Воронежского гос. техн. ун-та. – 2009. – Т. 5. – № 3. – С. 127–129.
5. Водоотведение населенных мест, санитарная охрана. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования»: Гигиенические нормативы ГН 2.1.5.1315-03, утвержденные Главным государственным санитарным врачом РФ, 27.04.2003 г.
6. Алекин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 443 с.

**СПИСОК ОРГАНИЗАЦИЙ – УЧАСТНИКОВ КОНФЕРЕНЦИИ  
И ИХ АДРЕСА**

**КГУП «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

**ФГБНУ «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

**Северный филиал ФГБНУ «Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича»**

163002, г. Архангельск, ул. Урицкого, 17

Тел.: (8182) 68-26-32

E-mail: andr@pinro.ru

**ФГБНУ «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 ВО «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

**ФГБНУ «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

**ФГБНУ «Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (КамчатНИРО)**

683000, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Набережная, 18

Тел./факс: (415-2) 41-27-01

E-mail: kamniro@kamniro.ru

**ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет» (КубГУ)**

350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149

Тел.: (861)219-95-01

Факс: (861)219-95-17

E-mail: rector@kubsu.ru

**Камчатский филиал ФГБУН «Тихоокеанский институт географии ДВО РАН»  
(КФ ТИГ ДВО РАН)**

683000, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Партизанская, 6

Тел.: (4152) 424740

Факс: (4152) 412464

E-mail: kftigkamchatka@mail.ru

**Южный научный центр Российской академии наук (ЮНЦ РАН)**

344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41

Тел.: (863)266-64-26

E-mail: ssc-ras@ssc-ras.ru.

**ФГБНУ «Государственный научно-исследовательский институт озерного  
и речного рыбного хозяйства им. Л.С. Берга» (ГосНИОРХ)**

199053, г. Санкт-Петербург, набережная Макарова, 26

Тел.: (812) 400-01-77

Факс: (812) 400-01-78

E-mail: niorh@niorh.ru

**ФГБНУ «Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства» (АзНИИРХ)**

344002, г. Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21в

Тел.: (863) 262-48-50

Факс: (863) 262-05-05

E-mail: info@azniirkh.ru

**ООО «Научно-производственная компания «Морская информатика»  
(ООО НПК «Моринфо»)**

183010, г. Мурманск, ул. Декабристов, 1

Тел.: (8152) 45-36-08

**ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет –  
МСХА имени К.А.Тимирязева» (РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)**

127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

Тел: 8(499) 976-0480

Факс: 8(499) 976-0428

E-mail: info@timacad.ru

**Краснодарское отделение ФГБНУ «Азовский научно-исследовательский институт  
рыбного хозяйства»**

350000, г. Краснодар, ул. Гоголя, 46 – 1, 2 этаж

Тел.: (861) 259-30-03

Факс: (861) 259-30-42, +7 (861) 259-28-49

E-mail: aznwrh\_krd@mail.ru

**ФГБНУ «Магаданский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства  
и океанографии» (МагаданНИРО)**

685000, г. Магадан, ул. Портовая, д. 36/10

Тел.: (4132) 607186

Факс: (4132) 607419

E-mail: magadanniro@magadanniro.ru

**ФГБНУ «Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН»  
(НИГТЦ ДВО РАН)**

683002, г. Петропавловск-Камчатский, Северо-Восточное шоссе, 30, а/я 56  
тел./факс: (41522) 9-26-39  
E-mail: nigtc@kscnet.ru

**ФГБУН «Институт биологических проблем Севера ДВО РАН» (ИБПС ДВО РАН)**

685000, г. Магадан, ул. Портовая, 18  
Тел.: (4133)634463  
Факс: (4132)634463  
E-mail: office@ibpn.ru

**АО «Камчатгеология»**

683016, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Беринга, д.104а  
Тел.: (4152) 23-96-04, (4152) 23-91-00  
Факс: (4152) 23-91-84  
E-mail: kamchatgeo@rusgeology.ru

**Всемирный фонд дикой природы в России**

109240, г. Москва, ул. Николоямская, д. 19, стр. 3,  
Тел.: (495) 727-09-39  
Факс: (495) 727-09-38  
E-mail: russia@wwf.ru

**Дальневосточный федеральный университет**

690091, Россия, г. Владивосток, ул. Суханова, 8  
Тел.: (423) 265-24-29  
Факс: (423) 243-23-15  
E-mail: rectorat@dvmfu.ru

**ФГБОУ ВО «Красноярский государственный педагогический университет  
им. В.П. Астафьева» (КГПУ им. В.П. Астафьева)**

660049, г. Красноярск, ул. Ады Лебедевой, д. 89  
Тел./факс: (391) 217-17-17  
E-mail: ksru@ksru.ru

**ФГБНУ «Научно-исследовательский институт экологии рыбохозяйственных водоемов»  
(НИИЭРВ)**

660049, г. Красноярск, ул. Парижской Коммуны, 33  
Тел./факс: (391) 227-23-48  
E-mail: nii\_erv@mail.ru

Ответственный за выпуск Н.Г. Клочкова

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

*Материалы*

*VIII Всероссийской научно-практической конференции,  
посвященной 75-летию рыбохозяйственного образования на Камчатке  
(12–14 апреля 2017 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 05.04.2017 г.  
Формат 61\*86/8. Печать цифровая. Гарнитура Times New Roman  
Авт. л. 16,53. Уч.-изд. л. 16,89. Усл. печ. л. 17,44  
Тираж 200 экз. Заказ № 9

Издательство  
Камчатского государственного технического университета

Отпечатано полиграфическим участком издательства КамчатГТУ  
683003, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Ключевская, 35