

Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря.
Материалы IX международной конференции
11-14 октября 2004 г., Петрозаводск, Карелия, Россия
Петрозаводск, 2005. С. 202-207.

ОСТАТОЧНЫЕ ПРИЛИВНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В БЕЛОМ МОРЕ

Р.И. МАЙ, В.Р. ФУКС

Санкт-Петербургский государственный университет

Остаточные приливные явления (квазистационарные течения и статическое возвышение уровня моря) слабо изучены в Белом море. Механизмы генерации нелинейных остаточных приливных явлений связаны с тремя типами нелинейных эффектов: конвективная нелинейность, фрикционная нелинейность, обусловленная квадратичным законом донного трения, и мелководная нелинейность.

Для оценки вкладов различных типов нелинейности в формирование остаточных приливных явлений Белого моря проводились численные эксперименты на нелинейной (учитывались мелководная, фрикционная и конвективная нелинейность) гидродинамической модели. Цель экспериментов заключалась в выявлении вкладов различных нелинейностей посредством последовательных реализации модели с различными условиями.

Для физической интерпретации результатов численных экспериментов нами была получена путем «рейнольдского осреднения» уравнений гидродинамической модели зависимость остаточных возвышений уровня и течений от статистических характеристик приливных течений (дисперсий, ковариаций уровня и течений, ковариаций зональных и меридиональных составляющих скорости течения). Полученные результаты дополняют имеющиеся сведения о приливных явлениях в Белом море, и могут быть использованы в исследовательских, экологических и промысловых задачах.

R.I. Mai & V.R. Fuks. Residual tidal phenomena in the White Sea // The study, sustainable use and conservation of natural resources of the White Sea. Proceedings of the IXth International Conference, October, 11-14, 2004. Petrozavodsk, Karelia, Russia. Petrozavodsk, 2005. P. 202-207.

Residual tidal phenomena (residual tidal currents and residual tidal sea level) due to energy exchange from the basic harmonics to the low- and near-zero area of the spectrum, have been poorly investigated in the White Sea until now. The mechanisms of residual tidal phenomena generations are related to four nonlinear effect types: convective nonlinearity, friction nonlinearity, shallow nonlinearity and nonlinearity of boundary conditions.

We carried out numerical experiments with a nonlinear hydrodynamic model to estimate the contributions of (shallow, friction and convective) nonlinearities to the White Sea residual tidal phenomena, using a "consecutive realization" technique.

For physical interpretation of numerical experiment results by means of "Reynolds averages" of motion and continuity equations, the dependency of residual tidal level and residual tidal currents was received from statistical parameters of the tidal currents (variance, covariation of level and currents, covariation of zonal and meridian components of current). These results will enhance the knowledge of tidal phenomena in the White Sea, and can be used for ecology and fisheries research.

Остаточные приливные явления, – квазистационарные течения и статическое возвышение уровня моря, обусловленные нелинейными эффектами при распространении приливных волн, вносят существенный вклад в динамику вод приливных морей.

Так, например, квадратичные слагаемые гармонического колебания с амплитудой A и частотой σ приводят к независящему от времени остаточному движению и обертому основного колебания с удвоенной частотой:

$$\xi = A \cos^2 \sigma t = \frac{A}{2} + \frac{A}{2} \cos 2\sigma t.$$

Очевидно, что осреднение за полный период колебания

$$T = \frac{2\pi}{\sigma} \left(\frac{1}{T} \int_0^T \xi dt = \frac{A}{2} \right)$$

позволяет выделять остаточные приливные эффекты.

Остаточная приливная циркуляция, хотя и имеет меньшие скорости по сравнению с приливными и ветровыми течениями, но из-за непрерывности воздействия часто формирует общую циркуляцию бассейна, а, следовательно, остаточная приливная циркуляция влияет на перенос тепла, соли, планктонных организмов, биогенных элементов, загрязнителей, льда и прочих консервативных примесей.

Оценка остаточных приливных течений по инструментальным данным простым осреднением затруднена из-за невозможности выделить остаточные составляющие из фоновых явлений (ветровые, термогалинные течения).

Представляется что, численное моделирование приливных явлений может быть наиболее успешным методом определения остаточных приливных явлений. Проводимые ранее эксперименты на чис-

ленных моделях раскрыли некоторые особенности остаточных приливных явлений Белого моря (Кравец, 1987; Семенов, Лунева, 1996, 1999; Океанографические..., 1991). Однако, во всех этих работах на открытой границе задавалась только одна полусуточная волна и не рассматривалось влияние астрономических условий, неравенств приливов, амплитудной модуляции и мелководных гармоник. Определение остаточной приливной циркуляции в этих работах (за исключением статьи (Кравец, 1987), где обсуждается концепция «приливных напряжений») осуществлялась простым осреднением результатов моделирования за время, кратное приливному пе-

$$\begin{aligned} \frac{\partial \bar{U}D}{\partial t} + \frac{\partial \bar{U}^2 D}{\partial x} + \frac{\partial \bar{U}V D}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial x} \left[H 2 \bar{A}_M \frac{\partial \bar{U}}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[H \bar{A}_M \left(\frac{\partial \bar{U}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{V}}{\partial x} \right) \right] - f \bar{V} D + g D \frac{\partial \eta}{\partial x} &= C_z \sqrt{U^2 + V^2} U \\ \frac{\partial \bar{V}D}{\partial t} + \frac{\partial \bar{U}V D}{\partial x} + \frac{\partial \bar{V}^2 D}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial y} \left[H 2 \bar{A}_M \frac{\partial \bar{V}}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[H \bar{A}_M \left(\frac{\partial \bar{U}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{V}}{\partial x} \right) \right] + f \bar{U} D + g D \frac{\partial \eta}{\partial y} &= C_z \sqrt{U^2 + V^2} V \quad (1) \\ \frac{\partial \eta \bar{D}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{U} \bar{D}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{V} \bar{D}}{\partial y} &= 0, \end{aligned}$$

где $D = H + \eta$, H – глубина моря, η – возвышение свободной поверхности, $\bar{U}$ и $\bar{V}$ – составляющие баротропной скорости на параллель и меридиан, соответственно; g – ускорение свободного падения, $\bar{A}_M$ – вертикально-осредненный горизонтальный коэффициент кинематической вязкости, C_z – коэффициент донного трения.

Модель Белого моря, созданная на базе алгоритмов POM, хорошо воспроизводит основные суточные (K1, O1) и полусуточные (M2, S2) волны (Рис. 1, 2), и их нелинейные короткопериодные обертоны (Май, 2004б; Май, Фукс, 2004). Отличи-

риоду основной волны. Расчет остаточных приливных явлений осреднением представляется некорректным из-за влияния на результаты обертонов некротных основной волне. К тому же, вызывает вопросы и выбор самого периода осреднения.

Для численных экспериментов по нахождению факторов, формирующих остаточные приливные явления в Белом море, мы выбрали известную гидродинамическую модель Принстонского Университета POM (Princeton Ocean Model, www.aos.princeton.edu) (Blumberg, Mellor, 1987). Основные уравнения этой модели имеют вид:

тельными особенностями нашей модели Белого моря стали: метрическая сетка с пространственным шагом 5000,00 м., построенная на эллипсоиде вращения Красовского (что улучшает качество гидродинамического моделирования (Май, 2004а)); «импедансные» граничные условия (Некрасов, 1990) на открытой границе с предвычислением четырех основных волн прилива (M2, S2, K1, O1) по основной формуле через долготу восходящего узла лунной орбиты.

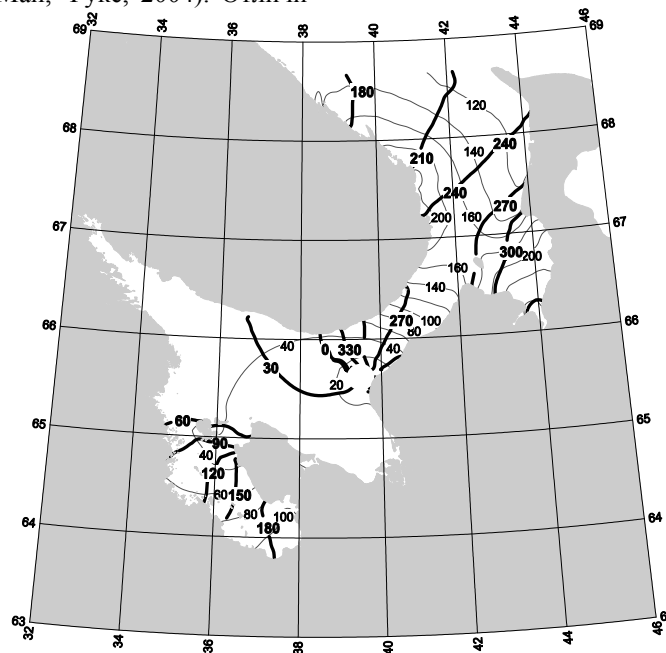


Рис. 1. Котидальная карта волны M2 по результатам моделирования (тонкая линия – амплитуда в см., толстая линия – фаза в градусах)

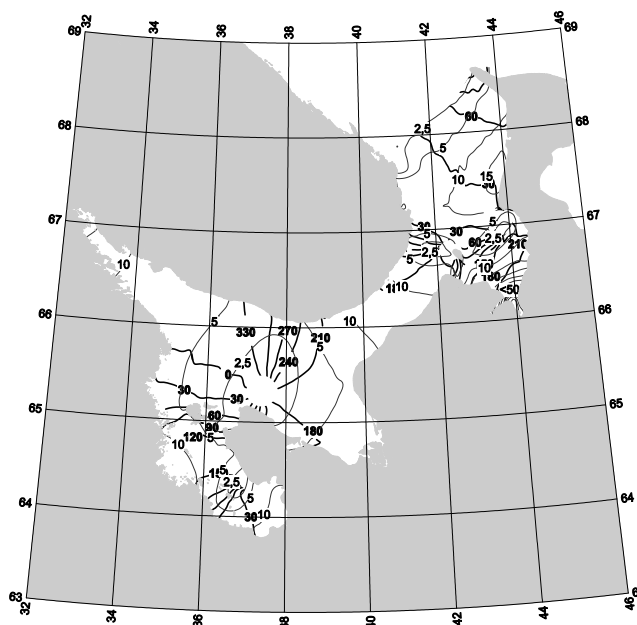


Рис. 2. Котидальная карта нелинейной мелководной короткопериодной волны M4 по результатам моделирования
(тонкая линия – амплитуда в см., толстая линия – фаза в градусах).

Для определения влияния различных типов нелинейности были проведены следующие эксперименты на гидродинамической модели:

1. полные условия (мелководная, конвективная, фрикционная нелинейности (квадратичный закон донного трения с коэффициентом $Cz=0.0025$).
2. моделирование без учета мелководной нелинейности ($D=H$).
3. моделирование без учета конвективной нелинейности

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x} = \frac{\partial UV}{\partial y} = \frac{\partial UV}{\partial x} = \frac{\partial^2 V}{\partial y} = 0$$

нейности

4. моделирование с минимальным коэффициентом донного трения ($Cz=0.0007$).
5. моделирование с увеличенным коэффициентом донного трения ($Cz=0.01$).

Все эксперименты выполнены по схожим условиям: реализация модели длительностью ровно один год, с выводом модельных рядов уровня и баротропных течений в ряды с дискретностью один час. Для выхода результатов на стационарные условия, модель реализовывалась в течение трех суток модельного времени без вывода результатов, причем, для устранения резких градиентов в модельном уровне, амплитуда предвычисляемых гармоник линейно увеличивалась с нуля до реального значения за одни сутки.

Характеристики приливных явлений (включая остаточный уровень и течения) находились с помощью гармонического анализа методом наименьших квадратов. Применяемый нами способ расчета остаточных приливных явлений кажется более предпочтительным, чем простое осреднение данных, применяемое ранее в работах (Семенов, Лунева, 1996, 1999; Океанографические..., 1991; Прошутинский,

1993; Герман, Левиков, 1988), т.к. нет необходимости создавать длину ряда кратную приливным периодам (что практически невозможно сделать из-за постоянной генерации новых нелинейных гармоник).

Результат моделирования остаточной приливной циркуляции при полных условиях приведен на рисунке (Рис. 3а). Остаточные течения скоростью больше 0,25 см/с наблюдаются практически для всей акватории Белого моря, за исключением центральной глубоководной части Бассейна. Обширные области особенно интенсивных течений остаточной циркуляции (больше 5 см/с) наблюдаются в районе Соловецких островов и Воронки Белого моря; также большие остаточные течения наблюдаются в прибрежной области. В структуре остаточной приливной циркуляции достаточно ярко выражено меридиональное, переходящее в северо-западное и северное, направление в Воронке Белого моря (на широте 67°с.ш., западнее м. Конушин); зона дивергенции в Моржовской салме; и течение вдоль изобат у Соловецких островов. Остаточный приливный уровень Белого моря при численном эксперименте с полными условиями характеризуется следующими закономерностями: увеличение среднего уровня от 0 см (в северной части) до 7 см в Бассейне моря. Также характерной особенностью пространственного распределения остаточного уровня представляется увеличенный средний уровень в Моржовской салме; обращает на себя и уменьшение остаточного уровня в районе Соловецких проливов и в Горле Белого моря примерно на 2 см по сравнению с соседними областями. Минимальные отрицательные значения остаточного уровня имеются в вершине Мезенского залива и в северной части Воронки.

Результаты численного эксперимента без учета мелководной нелинейности (Рис. 3b) показали несколько заниженные остаточные скорости по сравнению с экспериментом с полными условиями, но области интенсивных течений и общая схема циркуляции сохранены. В то время как при удалении конвективных ускорений из уравнений движения общая структура остаточных течений сглаживается, а сами скорости уменьшаются (Рис. 3c). На Рис. 3d приведены результаты численного моделирования, близкого к линейному приближению (отсутствуют конвективная и мелководная нелинейности, коэффициент донного трения $C_z=0.01$). В этом эксперименте остаточные скорости незначительны. На рисунках 3e и 3f представлены остаточная приливная циркуляция, рассчитанная в экспериментах с заниженными ($C_z=0.0007$) и завышенными ($C_z=0.01$) коэффициентами донного трения. Вопреки ожиданиям остаточные течения максимальны в эксперименте с заниженным коэффициентом донного трения. Это можно объяснить тем, что и сами остаточные скорости гасятся донным трением. Для оценки влияния фрикционной нелинейности следует брать не различные коэффициенты донного трения, как это сделано в нашей работе, а менять закон донного трения (квадратичный и линейный закон донного трения).

Определение остаточных приливных течений путем осреднений конкурирует с концепцией «приливных напряжений» Жака Ньюля (Герман, Левиков, 1988).

Для физической интерпретации результатов численных экспериментов нами была получена путем «рейнольдсового осреднения» уравнений РОМ зависимость остаточных возвышений уровня и течений от статистических характеристик приливных течений (дисперсий, ковариаций уровня и течений, ковариаций зональных и меридиональных составляющих скорости течения).

Представим возвышения уровня и составляющие скорости течения как сумму собственно при-

ливных движений и остаточной приливной циркуляции

$$\xi = \xi' + \bar{\xi}, \quad u = u' + \bar{u}, \quad v = v' + \bar{v}.$$

Выполним далее операцию осреднения всех переменных, их квадратов и произведений.

$$\left(\frac{1}{T} \int_0^T \varphi dt \right)$$

Выберем промежуток времени кратный приливным неравенствам. Будем считать, что среднее от приливных пульсаций равно нулю, а среднее от среднего равняется среднему. Тогда

$$\bar{\xi}' = \bar{u}' = \bar{v}' = 0, \quad \overline{(\xi')^2} = \sigma_{\xi}^2, \\ \overline{(u')^2} = \sigma_u^2, \quad \overline{(v')^2} = \sigma_v^2,$$

($\sigma_{\xi}, \sigma_u, \sigma_v$ - среднеквадратические отклонения соответствующих переменных);

$$\overline{\xi' u'} = K_{\xi u}, \quad \overline{\xi' v'} = K_{\xi v}, \quad \overline{u' v'} = K_{uv}$$

(K - ковариации соответствующих переменных);

$$R_{\xi u} = \frac{K_{\xi u}}{\sigma_{\xi} \sigma_u}, \quad R_{\xi v} = \frac{K_{\xi v}}{\sigma_{\xi} \sigma_v}, \quad R_{uv} = \frac{K_{uv}}{\sigma_u \sigma_v},$$

(R - коэффициенты парной корреляции соответствующих переменных).

Учитывая то, что среднее от произведения пульсации на постоянную величину равно нулю, а также то, что среднее от произведения среднего на постоянную величину есть их произведение, и рассматривая для простоты остаточную приливную циркуляцию без мелководных эффектов ($D \equiv H$)

и горизонтальной турбулентности ($A_M \equiv 0$), после подстановки зависимых переменных в виде суммы собственно приливных и остаточных значений получим из системы (1):

$$\begin{aligned} \frac{\partial \bar{u}^2 D}{\partial x} + \frac{\partial \bar{u} \bar{v} D}{\partial y} - f \bar{v} D + g D \frac{\partial \bar{\eta}}{\partial x} &= \frac{\partial}{\partial x} (\sigma_u^2 D) - \frac{\partial K_{uv} D}{\partial x} + C_z K_{|v|v}, \\ \frac{\partial v^2 D}{\partial y} + \frac{\partial \bar{u} \bar{v} D}{\partial x} + f \bar{u} D + g D \frac{\partial \bar{\eta}}{\partial y} &= - \frac{\partial}{\partial y} (\sigma_v^2 D) - \frac{\partial K_{uv} D}{\partial y} + C_z K_{|u|u}, \\ \frac{\partial \bar{u} \bar{D}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v} \bar{D}}{\partial y} + \frac{\partial K_{u\xi}}{\partial x} + \frac{\partial K_{u\xi}}{\partial y} &= 0. \end{aligned} \quad (2)$$

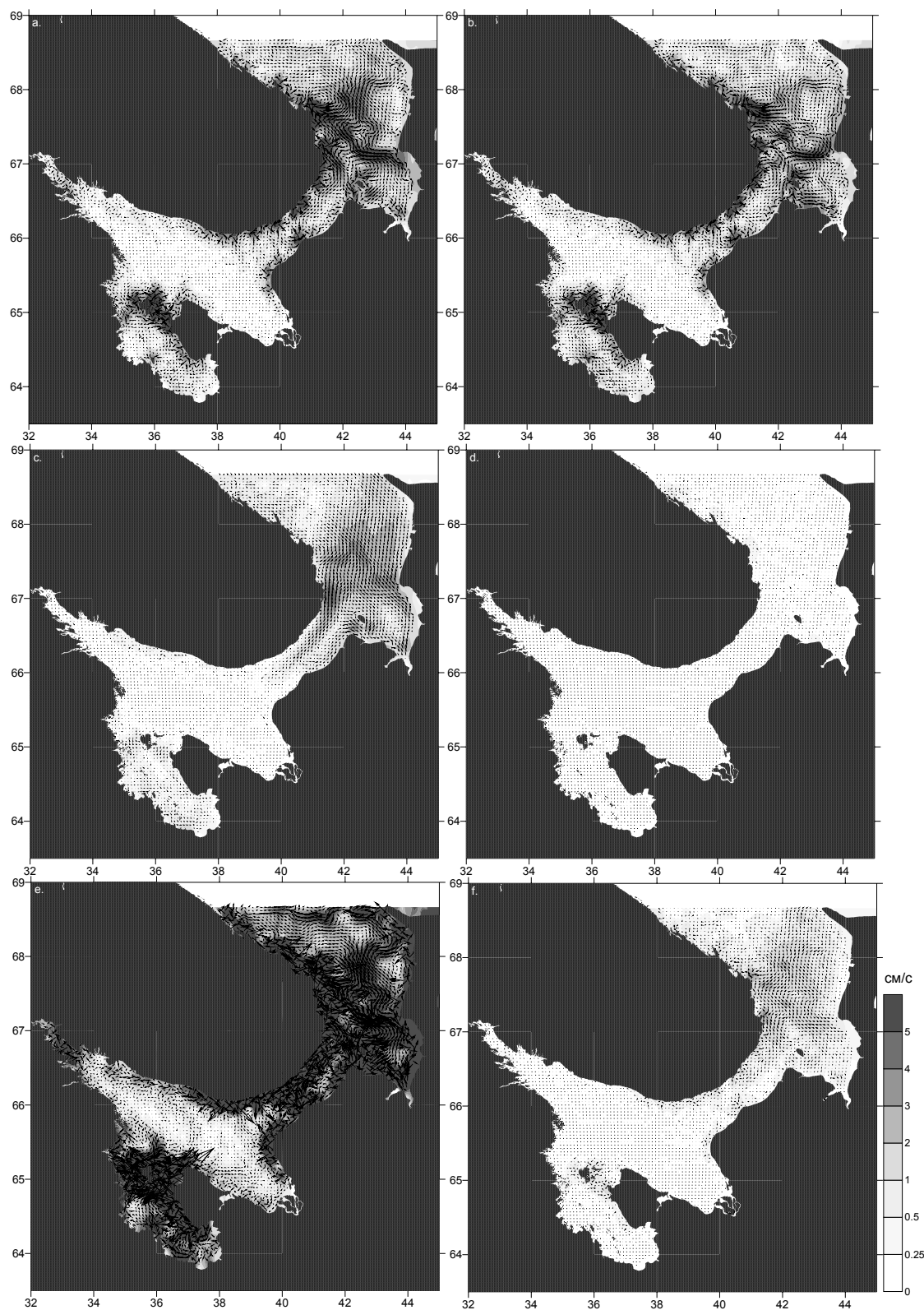


Рис. 3. Результат моделирования остаточной приливной циркуляции (ОПЦ) при различных параметрах модели:

а) ОПЦ при полных условиях, б) ОПЦ при удалении мелуволдной нелинейности; в) ОПЦ при удалении конвективной нелинейности; д) ОПЦ при линейном приближении (отсутствуют конвективная и мелководная нелинейности, увеличенный коэффициент донного трения $C_z=0.0007$); е) ОПЦ при завышенном коэффициенте донного трения ($C_z=0.01$)

Вероятно, можно считать, что в случае слабой нелинейности корреляция между уровнем и течением значительная и остаточная циркуляция дивергентна. При сильной нелинейности $K_u \xi$ и $K_v \xi$ близки к нулю и остаточная циркуляция бездивергентна.

Уравнения для остаточной приливной циркуляции в линейном приближении могут быть представлены в следующем виде:

$$\begin{aligned}\bar{u} &= -\frac{g}{f} \frac{\partial \bar{\eta}}{\partial y} - \frac{1}{fD^2} \left[\frac{\partial}{\partial y} (\sigma_v^2 D) + \frac{\partial (K_{uv} D)}{\partial x} - C_z K_{|v|v} \right], \\ \bar{v} &= \frac{g}{f} \frac{\partial \bar{\eta}}{\partial x} + \frac{1}{fD^2} \left[\frac{\partial}{\partial x} (\sigma_u^2 D) + \frac{\partial (K_{uv} D)}{\partial y} - C_z K_{|u|u} \right].\end{aligned}\quad (3)$$

В этом уравнении «остаточные» уровни и течения связаны со статистическими характеристиками приливных течений, которые определяют отклонения режима остаточной циркуляции от геострофического.

Для сильной нелинейности можно предполагать, что ковариация скоростей течения отсутствует ($K_{uv} = K_{uu} = K_{vv} \equiv 0$).

Тогда

$$\bar{u} = -\frac{g}{f} \frac{\partial \bar{\eta}}{\partial y} - \frac{1}{fD^2} \frac{\partial}{\partial y} (\sigma_v^2 D), \quad \bar{v} = \frac{g}{f} \frac{\partial \bar{\eta}}{\partial x} + \frac{1}{fD^2} \frac{\partial}{\partial x} (\sigma_u^2 D)$$

и геострофический баланс в остаточном потоке существенно зависит только от пространственной изменчивости интенсивности приливных течений и глубины моря.

При этом дивергенция остаточного течения при постоянной глубине

$$\text{div } \bar{V} = \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} = -\frac{1}{fD} \frac{\partial^2 (\sigma_u^2 - \sigma_v^2)}{\partial x \partial y}$$

зависит от пространственной изменчивости разности дисперсий составляющих скоростей течения.

Таким образом, показано, что интенсивность остаточных приливных явлений существенно зависит от донной топографии и горизонтальных градиентов статистических характеристик прилива, что соответствует результатам численных расчетов.

Литература

Белое море, 1991. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Вып. 1. // Под ред. Б. Х. Глуховского. Л., 1991.
Богданов К.Т., Васильев А.С., Федорова Е.В. 2000. Распространение приливных волн и приливные колебания

уровня на акватории Белого моря. // Тр. ГОИН. Вып. 207. 2000. С. 122-130.

Герман В.Х., Левиков С.П. 1988. Вероятностный анализ и моделирование колебаний уровня моря. – Л.: Гидрометеоздат, 1988. 288 с.

Здоровеннов Р.Э., Лифшиц В.Х., Фукс В.Р. 2001. Приливные движения и перенос примеси в эстуарии реки Онеги. // Океанология, 2001. Т. 41. №5. С. 680-685.

Инжебейкин Ю.И. 2003. Колебания уровня Белого моря. Екатеринбург, УрО РАН. С. 150.

Кравец А.Г. 1987. Модель крупномасштабной баротропной циркуляции в мелководном окраинном море // Метеорология и гидрология. 1987. № 11. С. 84-91.

Май Р.И. 2004а. Влияние выбора геодезической основы сеточной области на результаты математического моделирования. // Математическое моделирование. Математическое моделирование и информационные технологии в исследованиях биоресурсов Мирового океана. Владивосток. ТИРО. 2004. № 5. <http://www.tinro.ru/sbs/showdoc/69/1>

Май Р.И. 2004б. Моделирование нелинейных приливных явлений в Белом море. // Пятая Российская научно-техническая конференция «Современное состояние и проблемы навигации и океанографии» («НО-2004»). 2004. СПб. С. 81-82.

Май Р.И., Фукс В.Р. 2004. Нелинейные баротропные приливные явления и остаточная приливная циркуляция в Белом море. // VII Международная специализированная выставка и конференция «АКВАТЕРРА-2004». Сборник материалов по конференции. 2004. Санкт-Петербург. С. 197-201.

Некрасов А.В. 1990. Энергия океанских приливов. Л., Гидрометеоздат. С. 288.

Океанографические условия и биологическая продуктивность Белого моря: Аннотированный атлас, 1991. Мурманск.

Процутинский А.Ю. 1993. Колебания уровня Северного ледовитого океана. СПб., Гидрометеоздат. С. 216.

Семенов Е.В., Лунева М.В. 1996. Численная модель приливной и термохалинной циркуляции вод Белого моря. // Известия АН, ФАО, 1996 Т. 32, №5. С. 704-713.

Семенов Е. В., Лунева М. В. 1999. О совместном эффекте прилива, стратификации и вертикального турбулентного перемешивания на формирование гидрофизических полей в Белом море. // Известия АН, ФАО. 1999. Т. 35, №5. С. 660-678.

Blumberg, A.F., and G.L. Mellor. 1987. A description of a three-dimensional coastal ocean circulation model, in Three-Dimensional Coastal Ocean Models, Vol. 4. Edited by N. Heaps, pp. 208. American Geophysical Union, Washington, D.C.

May R.I. 2004. The simulation of barotropic and baroclinic non-linear tidal phenomena in the White Sea. // Abstracts of Challenger conference for marine science. Liverpool. 2004. 183 p.

Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря.
Материалы IX международной конференции
11-14 октября 2004 г., Петрозаводск, Карелия, Россия
Петрозаводск, 2005. С. 208-210.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОМЫСЛА МОРСКОЙ ТРАВЫ *ZOSTERA MARINA* L. В ПРИБРЕЖНЫХ АКВАТОРИЯХ КАРЕЛЬСКОГО БЕРЕГА БЕЛОГО МОРЯ

Н.В. МАКСИМОВИЧ, М.В. ИВАНОВ, М.В. БУКИНА

Санкт-Петербургский государственный университет

В августе 2003 г. проведено картирование зарослей *Z. marina* в акваториях губы Чупа и Керетского архипелага (Карельский берег Белого моря.). Заросли *Z. marina* располагаются длинными узкими (до 10-15 м) полосами вдоль закрытых берегов. Приблизительно на 20% побережья комплекс условий является подходящим для успешного произрастания взморника морского. Средняя биомасса побегов в таких местообитаниях составляет 1-1,5 кг/м² (наибольшие - 3-4 кг/м²). На каждый километр береговой линии приходится около 2 тонн побегов взморника. В изученной акватории (протяженность береговой линии около 250 км) к концу вегетативного периода урожай побегов zostеры можно оценить в 400-600 тонн.

N.V. Maksimovich, M.V. Ivanov, M.V. Bukina. Modern status and prospects for trade of sea grass *Zostera marina* L. in coastal waters of the Karelian coast of the White Sea // The study, sustainable use and conservation of natural resources of the White Sea. Proceedings of the IXth International Conference, October, 11-14, 2004. Petrozavodsk, Karelia, Russia. Petrozavodsk, 2005. P. 208-210.

In August, 2003 investigation of associations of *Z. marina* in water areas of Chupa Inlet and Keret archipelago (the White Sea) was carried out. *Z. marina* settle down as long narrow (up to 10-15 m) strips along the closed coast. The complex of conditions is suitable for successful growth of sea grass on approximately 20% of coast. Average biomass of leaves in such habitats reaches 1-1,5 kg/m² (up to 4 kg/m²). It is about 2 tons of sea grass per kilometer of a coastal line. In the investigated area (coastal line about 250 km) a stock of sea grass may be estimated as 400-600 tons.

В Белом море морские травы *Zostera marina* L. образуют заросли на песчаных и илисто-песчаных грунтах от нижнего горизонта литорали до верхней сублиторали. В середине прошлого века произошла массовая гибель *Z. marina* в Белом море. Работы по изучению сообществ *Z. marina* в Белом море стали появляться в печати только в конце прошлого столетия (Вехов, 1974; 1980; 1995; Скарлато, др., 1986; Федяков, Шереметьевский, 1986; Полоскин, Рыдловская, 1998; Мартынова, Максимович, 2000; Телегин, 2001; Максимович, др. 2002). Однако специальные исследования структуры и динамики сообществ ассоциированных с зарослями *Z. marina* в Белом море до сих пор не получили широкого распространения. Оценка запасов морских трав *Z. marina* в Белом море была проведена только в середине прошлого столетия (Гемп, 1962; Колеватова, 1963). С 1997 года на Морской биологической станции Санкт-Петербургского Государственного Университета осуществлен многолетний цикл наблюдений за ассоциацией *Z. marina* в акваториях Керетского архипелага Белого моря. В ходе первых исследований были изучены особенности структуры сообществ zostеры в разных местообитаниях (Максимович, Мартынова, 2000). Цель настоящей работы состоит в выявлении особенностей современного распространения зарослей *Z. marina* в акваториях губы Чупа и Керетского архипелага. В задачи исследований входило: картирование акваторий по количествен-

ным показателям зарослей и предварительная оценка ресурсов *Zostera marina*.

Материалы и методы

Сбор материала проведен в начале сентября 2003 г. Наблюдения осуществлены с борта катера в малую воду, при ясной погоде и отсутствии ветра. Координаты участков определяли с помощью спутникового навигатора Garmin. Обследованию подверглась прибрежная полоса протяженностью около 40 километров, от о. Средний до губы Никольская включительно (Рис.). При визуальном обследовании вдоль побережья отмечали начало и конец зарослей по спутниковому навигатору и среднюю ширину полосы zostеры с помощью мерной рейки. Учитывая специфику запланированного исследования, анализу подвергали только наддонную часть растений (без корневищ). Биомассу листьев определяли как вес сырой (без капельной влаги) zostеры на одного м². При работе использовали морскую лодию губы Чупа выпуска 1985 г, масштаб 1:25000.

Результаты и обсуждение

Выбранный для исследования участок побережья типичен для губы Чупа. Соотношение открытого, прибойного берега и относительно защищенных берегов небольших бухт и губ приблизительно 1:1, что характерно и для всей губы Чупа.

Всего на исследованном побережье было обнаружено 16 участков, занятых зарослями zostеры, (Рис.). Все участки характеризуются наличием илистых и илисто-песчаных грунтов, и располагаются в верхней сублиторали, на глубинах не больше 1,5 м от уровня поверхности воды в отлив. Длина этих участков весьма различна: от небольших пятен, диаметром в несколько метров, до полос в тысячи метров. Все поселения zostеры расположены в спокойных, защищенных от волнового воздействия местах, как правило, это губы и бухты. Внутри отдельных губ заросли взморника также располагаются не равномерно, а тяготеют к самым кутовым участкам. Самые длинные участки зарослей zostеры отмечены как раз для кутовых частей узких глубоко вдающихся в материк губ, таких как губа Летняя, губа Осечкова, губа Никольская. Ширина зарослевых участков колеблется от 0,5 м до нескольких десятков, а, в основном, не превышает 5-10 м. Максимальная ширина отмечена для кутовых участков губ, в местах впадения ручьев. Здесь взморник образует целые «поля», например, 100х100 м в губе Летней, 50 на 25 м в губе Никольской. Размерные характеристики и площади отдельных участков зарослей и количественные показатели зарослей zostеры приведены в таблице.

Плотность произрастания взморника также весьма различна. Тенденции здесь те же. Наибольшие биомассы отмечены для кутовых участков узких губ в местах впадения ручьев, где zostера демонстрирует максимальные величины обилия, до 3-

4 кг/м². Однако эти участки не велики по площади, несколько процентов от всех зарослей. В среднем для всех участков биомасса zostеры составляла 1 - 1,5 кг/м² (таблица). Минимальные величины биомассы (0,2-1 кг/м²) характерны для относительно слабо защищенных от волнения участков изученных губ.

По величинам удельной площади зарослей и средней биомассы побегов, для каждого участка нами были рассчитаны ресурсы zostеры. Характеризуя изученные акватории в целом, можно отметить, что суммарная протяженность зарослей zostеры вдоль берега составила около 8,8 км или 22% от общей протяженности исследованного побережья. Как и следовало ожидать, основная масса взморника, почти 90%, оказалась сосредоточена в кутовых частях длинных закрытых губ (Табл.). В среднем количество zostеры на одном километре зарослей составляет чуть меньше 10 тонн, что соответствует около 2 тоннам побегов взморника на каждый километр береговой линии. Исходя из этих цифр, и принимая, что исследованное побережье является типичным для губы Чупа, можно приблизительно оценить ресурсы *Z. marina* для изученных акваторий. На исследованном нами прямо 40 километровом участке побережья (от м. Шарапов до м. Картеш) ресурсы zostеры в конце вегетационного периода составили около 90 тонн. Если принять протяженность береговой линии губы Чупа и акваторий Керетского архипелага (от мыса Шарапов до мыса Картеш) вместе с островами как 250 км, можно рассчитать, что на этом пространстве к концу вегетативного

Таблица. Показатели зарослей *Z. marina* на исследованных участках (см. рисунок)

№ п/п	Участок	Д, м	Ш, м	S, м ²	В, кг/м ²	Р, тонн
1.	бухта Юшковая, кут	180	10	1800	2 - 3	4,5
2.	губа Ежевникова, кут	70	10 - 15	1000	0,3	0,3
3.	губа Летняя, мористая часть,	160	5 - 10	1200	1,5	1,8
4.	губа Летняя, кутовая часть	350	10	3500	3	10,5
5.	губа Летняя, кутовая часть	490	5	2400	0,5 - 1	1,8
6.	губа Летняя, кут (в целом)	600	5 - 10	5000	1,5	7,5
	заросли у ручья	(80)	(80)	(6400)	(3,5)	(22,4)
7.	губа Летняя, кут	100	2 - 10	500	2	1
8.	губа Осечкова, кут	1400	5 - 15	14000	1	14
9.	губа Осечкова, кут	30	3 - 15	250	1	0,2
10.	пролив губа Осечкова - губа Никольская	350	1 - 3	800	0,5 - 1	0,6
11.	губа Никольская, мористая часть	50	50	2500	2	5
12.	губа Никольская (прав. кут)	2000	0,5 - 3	4000	1 - 1,5	5
	заросли у ручья	(25)	(25)	600	(4)	(2,4)
13.	губа Никольская, кут	300	3 - 5	1000	0,5 - 1	0,7
14.	губа Никольская, кут	100	2 - 3	200	2	0,4
15.	губа Никольская, (сред. кут)	1600	1 - 5	4500	0,5 - 1	3,3
	заросли у ручья	(50)	(30)	(1500)	(2)	(3)
16.	губа Никольская (левый кут)	1000	2 - 7	3000	1	3
	Всего	8800		58000		87,4

Примечание: Д - длина вдоль береговой линии; Ш - средняя ширина, м; S - площадь, м кв.; В - биомасса, г/м кв.; Р - ресурсы побегов к концу вегетативного сезона, т.

сезона ресурсы побегов zostеры должны составить 400-600 тонн. В основной части эти ресурсы сосредоточены в кутовых частях бухт и губ, проливах между островами и других местах, достаточно хорошо укрытых от прибойного волнения и имеющих мелководные участки с илистыми и илисто-песчаными осадками.

К характеристике локальных зарослей взморника можно добавить также следующее: заросли *Z. marina* в условиях побережья Карельского берега Канда拉克шского залива располагается длинными узкими (до 10-15 м) полосами по мелководью вдоль берегов, хорошо защищенных от ветрового волнения. Как правило, это узкие глубоко врезающиеся в берег губы и бухты. Приблизительно на 20% побережья комплекс условий является подходящим для успешного произрастания zostеры. Средняя биомасса таких зарослей 1-1,5 кг/м². Наибольшие скопления zostеры следует ожидать в самых кутовых участках акваторий, особенно возле мест впадения ручьев. Здесь могут образовываться достаточно обширные поля взморника с биомассами порядка 3-4 кг/м². На одном километре заросшего zostерой побережья суммарная биомасса, или ресурсы, этого растения могут составить до 10 тонн. В пределах локального участка зарослей можно собрать 4-6 центнера побегов. Для предварительных расчетов при прогнозе можно принять, что к концу сезона вегетации на одном километре мелководий вдоль береговой линии в зарослях zostеры развивается в среднем 2 тонны побегов.

Литература

- Вехов В.Н. Некоторые вопросы экологии zostеры на Белом море // Биология Белого моря. М., 1974. Вып. 4. С. 65-79.
- Вехов В.Н. Современное состояние зарослей zostеры в Канда拉克шском заливе Белого моря // Биология моря. 1980. № 1. С. 28-33.
- Вехов В.Н. Современное состояние zostеры в Белом море // В кн.: Белое море, биологические ресурсы и проблемы их рационального использования. СПб., 1995. Ч. I. С. 176-188.
- Гемп К.П. Сырьевые запасы морских водорослей и трав и перспективы дальнейшего развития их промысла в Белом море // Тр. Всесоюз. совещ. работников водорослевой промышленности СССР. Архангельск, 1962. Т. I. С. 15-31.
- Колеватова Г.А. Некоторые результаты наблюдений над зарослями zostеры в районе губы Чупа // В кн.: Проблемы использования промысловых ресурсов Белого моря и внутренних водоемов Карелии. Вып. 1. М.-Л., 1963. С. 149-152.
- Максимович Н.В., Мартынова М.В., Стогов И.А. Ассоциация *Zostera marina* L. в акваториях Керетского архипелага (Белое море) // Вестник СПбГУ, 2002. Сер. 3. Вып. 4 (27). С. 69-79.
- Мартынова М.В., Максимович Н.В. Ассоциация *Zostera marina* L. Керетского архипелага (Белое море) // 8-я ежегодная научная конференция СПбГУ «21 век: Молодежь, экология, ноосфера и устойчивое развитие». Санкт-Петербург, 2000. С. 55-56.
- Полоскин А.В., Рыдловская А.В. Современное состояние ассоциации *Zostera marina* L. на территории Канда拉克шского заповедника в вершине Канда拉克шского залива Белого моря // В кн.: II Международный семинар «Рациональное использование прибрежной зоны северных морей». СПб., 1998. С. 70-73.
- Скарлато О.А., Луканин В.В., Наумов А.Д., Федяков В.В. История изучения бентоса Белого моря в Зоологическом институте АН СССР // В кн.: Экологические исследования донных организмов Белого моря. Л., 1986. С. 3.
- Телегин А.В. Значение zostеры морской (*Z. marina* L.) и проблемы изучения динамики ее обилия // В кн.: VIII региональная научно-практическая конференция «Проблемы рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря». Архангельск, 2001. С. 105-106.
- Федяков В.В., Шереметевский А.М. Характеристика биоценозов илисто-песчаной фации литорали района мыса Картеш (Канда拉克шский залив, Белое море) // Труды зоол. ин-т а АН СССР, 1991. Т. 233. С. 33-34.



Рис. Карта-схема района исследований

Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря.
Материалы IX международной конференции
11-14 октября 2004 г., Петрозаводск, Карелия, Россия
Петрозаводск, 2005. С. 211-214.

ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ВЫРАЩИВАНИЯ МИДИЙ В БЕЛОМ МОРЕ

Н.В. МАКСИМОВИЧ¹, А.А. СУХОТИН²

¹ Санкт-Петербургский государственный университет

² Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург

Обсуждены итоги опыта культивирования мидий в Белом море. Отмечено, что положительный опыт подвешного выращивания беломорских мидий *Mytilus edulis* L. в настоящее время не имеет достойного развития: из 5 хозяйств (около 60 га участков) сохранилось одно действующее хозяйство в акватории Соностровского архипелага. Организацию предприятий марикультуры в Белом море следует рассматривать как важную предпосылку устойчивого развития приморских регионов Республики Карелия. Из беспозвоночных мидии - наиболее перспективный объект культивирования в акваториях Карельского Берега Белого моря. Обоснование биотехнологии этой марикультуры достигло очень высокого уровня: определен оптимальный режим выращивания мидий, описаны эффекты воздействия их искусственных поселений на акватории марикультуры, создана модель динамики искусственных популяций мидий. Таким образом, сегодня для развития марикультуры мидий на Белом море нет ограничений по состоятельности прогностической базы управления ее локальными хозяйствами.

N.V. Maksimovich & A.A. Sukhotin. Results and prospects of mussel mariculture in the White Sea // The study, sustainable use and conservation of natural resources of the White Sea. Proceedings of the IXth International Conference, October, 11-14, 2004. Petrozavodsk, Karelia, Russia. Petrozavodsk, 2005. P. 211-214.

The mussel (*Mytilus edulis* L.) cultivation experience in the White Sea is discussed. It is noted that at present this kind of mariculture has no descent development: from 5 farms (about 60 hectares) one working farm has survived. The mariculture organization in the White Sea should be considered as the important precondition of steady development of seaside Karelian regions. Mussels are the most promising cultivation object in water areas of the Karelian Coast of the White Sea. The bases of biotechnology of mussel cultivation have reached very high level: the optimum mode of cultivation of mussels is determined, the influence of their artificial settlements on water area is described, the model of artificial mussel population dynamics is created. Thus today for the White Sea mariculture development there are no restrictions on consistent prognostic basis for managing local mussel farms.

Современное состояние проблемы промышленного культивирования мидий на Белом море можно охарактеризовать следующим образом. В 1975 г. по инициативе Зоологического института РАН организованы поисковые работы по изучению возможности искусственного выращивания мидии съедобной *Mytilus edulis* L. в Белом море (Кулаковский, Кунин, 1983). С 1983 года при участии сотрудников Санкт-Петербургского государственного университета и Всероссийского НИИ рыбного хозяйства и океанографии были начаты комплексные исследования по подвешной марикультуре этих моллюсков. По итогам данных работ была создана биотехнология промышленного культивирования беломорских мидий, и в 1985 г. в акватории Соностровского архипелага установлен первый промышленный участок марикультуры. В начале 90-х годов общая площадь 32 одновременно функционирующих участков марикультуры достигла 70 гектаров. Все работы по промышленному выращиванию мидий были проведены в акваториях Карельского берега Белого моря. После 1992 г. по объективным причинам новые участки марикультуры не устанавливались. На сегодняш-

ний день функционирует только одно хозяйство в акватории Соностровского архипелага.

Таким образом, очевидно положительный опыт промышленного выращивания мидий *Mytilus edulis* L. в Белом море (Кулаковский, 2000) в настоящее время не имеет развития. Однако многие аргументы свидетельствуют в пользу восстановления хозяйств по культивированию этих моллюсков. Организацию предприятий марикультуры в Белом море следует рассматривать как важную предпосылку устойчивого развития приморских регионов Республики Карелия. Ресурсы Белого моря используются в этом отношении далеко недостаточно, в том числе и по развитию мероприятий марикультуры. Из морских беспозвоночных наиболее перспективным объектом марикультуры в Белом море следует признать мидий (Кулаковский, Кунин, 1983; Бергер и др., 1985). Культивирование данного вида в акваториях Белого моря перспективно как для получения пищевых продуктов и сырья для медико-биологических препаратов, так и для создания благоприятных условий восстановления исконных промыслов на Белом море и открытия новых рабочих

мест для жителей прибрежных районов (Кулаковский, 2000).

В обосновании развития субарктической марикультуры мидий как перспективного промышленного предприятия можно выделить как положительные, так и отрицательные моменты (Кулаковский, Кунин, 1983).

Положительной стороной следует, в первую очередь, считать высокий (до 20°C) летний прогрев воды (Бабков, 1982). Это вместе со значительным береговым стоком обуславливает повышенную первичную продукцию в прибрежных водах - в среднем, 0.1-0.5 г С/м²/сут. (Бобров и др., 1995). Прогрев воды и значительная концентрация органического вещества в прибрежных районах моря определяют очень высокую для арктических вод скорость роста мидий в летний период (Sukhotin, Kulakowski, 1992; Сухотин и др., 1992; Максимович и др., 1993; Maximovich et al., 1996). Кроме того, показано (Галкина и др., 1982; 1988), что мидиевые хозяйства сами отчасти стимулируют развитие фитопланктона, так как являются источником экскретируемых мидиями биогенов, в частности, аммонийного азота. Шхерный характер побережья позволяет расположить множество участков марикультуры в относительно закрытых акваториях. В прибрежных водах Белого моря мидиевые поселения являются обычным компонентом экосистем. Личиночный пул этих моллюсков формируется ежегодно, причем численность личинок всегда достаточно высока для целей марикультуры (Максимович, Шилин, 1993). Это определяет надежность марикультуры и обеспечение искусственных субстратов естественным посадочным материалом. В Белом море мидии практически не имеют конкурентов при формировании сообществ обрастания искусственных субстратов. Отмеченные эффекты доминирования в сообществах обрастания на субстратах марикультуры асцидий *Styella rustica* L. следует характеризовать, скорее, как случайные, не облигатные для условий подвешного выращивания мидий в Белом море (Максимович, Морозова, 2000; Халаман, 2001). Следовательно, легко соблюдения режим, при котором на субстратах марикультуры практически в чистом виде формируется видовая агрегация мидий. Как привлекательный момент беломорской марикультуры мидий нельзя не отметить то, что воды Белого моря относительно слабо загрязнены (Ляхин, Кулаковский, 1993).

Наиболее существенным негативным фактором в Белом море, с точки зрения культивирования мидий, является суровая зима (влияние континентального климата), с многомесячным охлаждением вод до отрицательных (-1,5°C) температур и образования толстого (до 1-1.5 метров толщиной) ледового покрова. Следствием этого является практически полное прекращение роста мидий зимой и необходимость решения технических проблем сохранности конструкций марикультуры в период ледостава и ледохода.

Сегодня научное обоснование биотехнологии выращивания мидий на Белом море достигло очень высокого уровня. Этому вопросу посвящены сотни научных публикаций, среди которых 5 монографий и тематических сборника (Кулаковский, Кунин, 1983; Исследования..., 1993; Кулаковский, 2000; Изучение ..., 2000; Кулаковский и др., 2003). Сформирован коллектив ученых, профессионально занимающихся вопросами марикультуры мидий на Белом море. Представления о биотехнологии выращивания мидий вышли на уровень модельных, что обеспечивает надежность прогноза динамики развития каждого конкретного участка марикультуры. Главные итоги этих исследований можно свести к следующим положениям.

1. Определен оптимальный для условий Белого моря режим марикультуры мидий (Кулаковский, 2000). Речь идет о подвешном выращивании мидий на искусственных трех метровых субстратах, подвешенных к натянутым под плотами канатам длиной до 100 м. Обрастание мидий развивается в горизонте 1-4 м, претерпевая незначительный ущерб при вмерзании плотов с субстратами в лед в зимний период. Плотность спата мидий на субстратах к осени составляет от 20 до 100 тыс. экз./м погонный субстрат. Цикл выращивания мидий товарного размера (50 мм и более) на разных участках составляет 3-5 лет. К этому времени плотность мидий на субстратах (независимо от исходной плотности) устанавливается на уровне 400-500 экз./м погонный. Мидии первой генерации как заметная в возрастной структуре оброста группа живут 8-9 лет, Средняя длина размеры их раковины к концу этого периода достигает 80 мм. Однако выдерживание субстратов в воде более 4-5 лет нецелесообразно, поскольку именно в этот период начинается перестройка возрастной структуры поселений мидий с доминирование молодых особей. Урожай товарных мидий в конце цикла выращивания (конец 4-го сезона выращивания) с одного условного гектара (восемь тысяч субстратов) может достигать 200 т., на практике - 60 - 100 т (Табл.). При выращивании мидий в медико-биологических целях (например, для изготовления гидролизата) сроки культивирования могут быть существенно сокращены.

2. Определены эффекты воздействия искусственных поселений на акватории марикультуры (Галкина, др., 1982; 1988; Чивилев, Иванов, 2000; Мигунова, др., 2000). Хозяйства по выращиванию мидий оказывают весьма существенное воздействие на состав окружающих их вод и характер донных осадков под участками марикультуры.

Например, за вегетационный сезон фильтрационная деятельность мидий только одного участка обуславливает дополнительно выпадение на дно от 10 до 40 тонн органических веществ в виде фекальных пеллет. Объем отфильтрованной ими воды оказывается соизмеримым с объемом вод акватории (Табл.) (Максимович и др., 1993). На четвертый год

Таблица. Показатели воздействия некоторых участков культивирования мидий в Белом море на акватории марикультуры (Максимович и др., 1993)

S	Год установки	ЛС, м	ПСМ, %	P, тонн	V, 10 ⁶ м ³	C, 10 ⁶ ккал	F, 10 ⁶ ккал	G, 10 ¹¹ шт.
1	1985	96000	30	52	24,3	81	33	10
2	1986	32120	90	98	18,2	79	25	8
3	1987	29200	90	83	14,8	59	20	9
4	1987	43800	90	105	10,4	56	26	14
5	1987	64240	90	200	9,1	134	49	33
6	1987	29200	90	48	4,8	37	15	7
7	1988	26280	70	69	7,6	43	15	13
8	1988	52560	65	170	13,1	98	32	34
9	1989	40880	75	79	11,7	60	35	9
10	1989	40880	95	146	24,7	123	52	17
11	1988	52560	95	169	18,7	115	41	33

Примечание: S - номер участка; ЛС - общая длина субстратов; ПСМ - покрытие субстратов обростом мидий; P - урожай к концу 4-го года выращивания; V, C и F - соответственно, объем отфильтрованной воды, потребленная пища и экскреция мидий за 4-й сезон выращивания (июнь-сентябрь); G - плодовитость самок мидий на участках на 4-й сезон выращивания.

выращивания общее количество гамет, выметываемых мидиями одного участка (по суммарной плодовитости особей), сравнимо с таковым мидий естественных поселений такой крупной акватории как губа Чупа (Максимович и др. 1993).

3. Вблизи хозяйств по выращиванию мидий наиболее резкие и быстрые изменения происходят в бентосе. Суть явления заключается в следующем. Мидии профильтровывают большие объемы воды, экскретируя неусвоенные органические вещества в виде фекалий, которые концентрируются на весьма ограниченных площадях дна непосредственно прилегающих к хозяйствам. Таким образом, формируется неравномерность распределения осадков по акватории и нагрузки на бентосные сообщества. Макробентос под мидиевыми хозяйствами способен утилизировать более половины поступающих органических веществ, сильно увеличивая свою биомассу (Чивилев, Иванов, 2000). В зоне основного выпадения осадка, продуцируемого мидиевыми хозяйствами, окислительные процессы резко усиливаются. Даже при этом часть поступивших осадков не успевает минерализоваться и накапливается в грунте. Воздействие органического загрязнения на бентосные сообщества можно разделить на два этапа: на первом наблюдается смена доминирующих групп, но общие характеристики сообществ мало меняются или увеличиваются; на втором происходит деградация сообществ. После снятия участка марикультуры восстановление сообществ бентоса растягивается на несколько лет.

4. Описаны особенности режима формирования сообществ обрастания на субстратах марикультуры. Показано, что на субстратах, выставленных в море несвоевременно, могут развиваться нерегламентные сообщества обрастания с доминированием асцидий и, реже, диатомовых водорослей и гидроидных полипов (Максимович, Морозова, 2000).

5. Создана система долговременного мониторинга акваторий марикультуры Керетского архипелага по таким показателям как: динамика развития ларватона мидий, сапробность вод (по coli-индексу), распределение и структура сообществ бентоса, паразитофауна мидий естественных поселений.

Благодаря поддержке программы «Белое море 2», эта система мониторинга была продолжена и в последние годы. Полученные данные уверенно демонстрируют высокие качества вод акваторий марикультуры и отсутствие опасных изменений в составе паразитофауны мидий. Кроме того, в результате исследований последних лет удалось верифицировать модельные представления о восстановительной сукцессии сообществ бентоса в акваториях марикультуры, динамики формирования сообществ обрастания при изменении условий формирования обрастания.

Говоря о перспективах марикультуры мидий в Белом море, нельзя не признать, что возобновление практики промышленного выращивания мидий в акваториях Карельского берега Белого моря обречено на успех. По крайней мере, есть исходная уверенность в высоком уровне научного обоснования и в состоятельности прогностической базы управления такой марикультурой. При элементарном соблюдении биотехнологии выращивания на любой момент в цикле культивирования может быть получен надежный прогноз как в отношении характера и величины урожая, так и в отношении экологической безопасности марикультуры в данной акватории.

Работа выполнена при поддержке Программы фундаментальных исследований РАН «Фундаментальные основы управления биологическими ресурсами».

Литература

- Бабков А.И. Краткая гидрологическая характеристика губы Чупа Белого моря // Экологические исследования перспективных объектов марикультуры фауны Белого моря. Л., 1982. С. 3-17.
- Бергер В.Я., Кулаковский Э.Е., Кунин Б.Л., Луканин В.В., Ошурков В.В. Экология и перспективы культивирования мидий в Белом море // Исследование мидии Белого моря. Л., 1985. С. 98-115.
- Бобров Ю.А., Максимов М.П., Савинов В.М. Первичная продукция фитопланктона // Белое море. Биологические ресурсы и проблемы их рационального использования. Часть 1. Сер. Исследования фауны морей 42(50). Из-во ЗИН РАН, СПб, 1995. С. 92-114.
- Галкина В.Н., Кулаковский Э.Е., Кунин Б.Л. Влияние аквакультуры мидий в Белом море на окружающую среду // Океанология, 1982. Т. 22. № 2. С. 321-324.
- Галкина В.Н., Бураков В.Ю., Рура А.Д. Количественное распределение фито- и бактериопланктона в районе Сонострова // Исследования фауны морей. Т. 39(47). Л., изд. Зоол. ин-та АН СССР. 1988. С. 40-49.
- Изучение опыта промышленного выращивания мидий в Белом море (Ред.: Ю.С.Миничев, Н.В.Максимович), 1999. Из-во СПбГУ, Тр. Биол. НИИ СПбГУ. Вып. 46.
- Исследования по марикультуре мидий Белого моря (Ред. А.А. Сухотин). Тр. Зоологического ин-та РАН, 1993. Т. 253.
- Кулаковский Э.Е. Биологические основы марикультуры мидий в Белом море // Исследования фауны морей 50(58). Из-во ЗИН РАН, СПб. 2000. 168 с.
- Кулаковский Э.Е., Житний Б.Г., Газдиева С.В. Культивирование мидий на Карельском побережье Белого моря. Петрозаводск. 2003. 159 с.
- Кулаковский Э.Е., Кунин Б.Л. Теоретические основы культивирования мидий в Белом море. Л. Наука, 1983. 35 с.
- Ляхин Ю.И., Кулаковский Э.Е. Гидрохимическая характеристика акваторий промышленных мидиевых хозяйств на Белом море // Исследования по марикультуре мидий Белого моря. Тр. Зоологического ин-та РАН, 1993. Т. 253. С. 3-16.
- Мишунова А.В., Квитко К.В., Миничев Ю.С. 2000. Бактериальное загрязнение вод в Керетском архипелаге // «Изучение опыта промышленного выращивания мидий в Белом море». СПб. Из-во СПбГУ, Тр. Биол. НИИ СПбГУ. Вып. 46. С. 173-180.
- Максимович Н.В., Миничев Ю.С., Кулаковский Э.Е., Сухотин А.А. Динамика структурных и функциональных характеристик поселений беломорских мидий в условиях подвешного выращивания // Исследования по марикультуре мидий Белого моря. Тр. Зоологического ин-та РАН, 1993. Т. 253. С. 61-82.
- Максимович Н.В., Морозова М.В. Структурные особенности сообществ обрастания субстратов промышленной марикультуры мидий (Белое море) // «Изучение опыта промышленного выращивания мидий в Белом море», 2000. СПб. Из-во СПбГУ, Тр. Биол. НИИ СПбГУ. Вып. 46. С. 85-108.
- Максимович Н.В., Шилин М.Б. Личинки двустворчатых моллюсков в планктоне губы Чупа (Белое море) // Сер. «Исследование фауны морей», 1993. Вып. 45(53): «Морской планктон. Систематика, экология, распределение». Часть II. С. 131-137.
- Сухотин А.А., Кулаковский Э.Е., Максимович Н.В. Линейный рост беломорских мидий при изменении условий обитания // Экология, 1992. № 5. С. 71-72.
- Халаман В.В. Сукцессия сообществ обрастания искусственных субстратов мидиевых хозяйств в Белом море // Биология моря. 2001. Т. 27. № 6. С. 399-406.
- Чивилев С.М., Иванов В.М. Деструктивное воздействие мидиевых хозяйств на донный арктический фаунистический комплекс Белого моря // «Изучение опыта промышленного выращивания мидий в Белом море», 2000. Из-во СПбГУ, Тр. Биол. НИИ СПбГУ. Вып. 46. С. 193-207.
- Maximovich N.V., Sukhotin A.A., Minichev Y.S. Long-term dynamics of blue mussel (*Mytilus edulis* L.) culture settlements (the White Sea) // Aquaculture, 1996. Vol. 147. P. 191-204.
- Sukhotin A.A., Kulakowski E.E. Growth and population dynamics in mussels (*Mytilus edulis* L.) cultured in the White Sea // Aquaculture, 1992. Vol. 101. P. 59-73.

Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря.
Материалы IX международной конференции
11-14 октября 2004 г., Петрозаводск, Карелия, Россия
Петрозаводск, 2005. С. 215-217.

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ПАРАЗИТОФАУНЫ ПАЛИИ ВОДОЕМОВ БАССЕЙНОВ БАЛТИЙСКОГО И БЕЛОГО МОРЕЙ

О.В. МАМОНТОВА¹, Е.А. РУМЯНЦЕВ², Б.С. ШУЛЬМАН²

¹ Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск

² Институт биологии Карельского НЦ РАН, Петрозаводск

Исследована паразитофауна палии (*Salvelinus alpinus* f. *lepechini*) Ладожского озера. Проведено сравнение паразитофауны данной рыбы с таковой озер Балтийского (Онежское и Ладожское) и Белого (Пяозеро) морей. Установлено, что наибольшее разнообразие паразитов палии наблюдается в Онежском озере (20 видов), наименьшее – в Ладожском (9 видов).

O.V. Mamontova, E.A. Rumyantsev & B.S. Shulman. On the peculiarities of the parasitic fauna of palia in the reservoirs of Baltic and White Sea basins // The study, sustainable use and conservation of natural resources of the White Sea. Proceedings of the IXth International Conference, October, 11-14, 2004. Petrozavodsk, Karelia, Russia. Petrozavodsk, 2005. P. 215-217.

Palia (*Salvelinus alpinus* f. *lepechini*) belongs to salmon fishes (*Salmonidae*). It is one of the species that are under the threat of disappearance. Palia is a freshwater form of the complex species "arctic loach" (*Salvelinus alpinus* L.) that inhabits across the coast of the Arctic Ocean, from Iceland to Chukotka. In the lakes of Karelia there are two species of palia – palia red ("ludnaya", shallow) and palia grey ("yamnaya", deep-water).

Parasite fauna of palia was compared in several lakes of the Baltic Sea (the Onega Lake, the Ladoga Lake) and the White Sea (Pyaozero). The greatest variety of parasites was discovered in the Onega Lake (20 species). 15 and 9 species inhabit Pyaozero and the Ladoga Lake correspondingly. In comparison with the other water basins palia in the Ladoga Lake is less infected with Cestoda. Palia in the Onega Lake is greatly infected with Cestoda *Eubothrium salvelini*, *Diphyllbothrium dendriticum* and *Triaenophorus nodulosus*. Monogenia *Gyrodactylus salaris* and copepoda *Salmincola edwardsii* are typical of this lake. Parasite fauna of palia in Pyaozero (the White Sea) is similar to the fauna of the Ladoga Lake (small number of Cestoda, great number of worms). The worm *Echinorhynchus salmonis* is the most widely spread species there (100%, average intensity - 132 worms) that demonstrates very intensive consumption of pontoporeia.

The results of the research show that the parasite fauna in the lakes of the similar trophic status includes the similar species of parasites. Eutrophication of Ladoga has greatly changed its status and led to reduction of the parasite fauna.

Палия (*Salvelinus alpinus* f. *lepechini*) - представитель лососевых рыб (*Salmonidae*) является одним из видов, находящихся под угрозой исчезновения. Это пресноводная форма сложнокомплексного вида – арктического гольца (*Salvelinus alpinus* L.), обитающего по всему побережью Северного Ледовитого океана, от Исландии до Чукотки. Места обитания палии приурочены к глубинам с температурой воды не выше 10-12°C. В озерах Карелии обычно выделяют две формы палии - лудную (более мелководная) и ямную (глубоководную). В Онежском озере палия встречается почти повсеместно, чаще в северо-восточной части. Нерест происходит с конца сентября по ноябрь на каменистых грунтах на глубине 0.5-1.5 м. Онежская лудная палия становится половозрелой в возрасте 8-9 лет при длине тела 55-60 см и весе 2 кг. С конца августа при охлаждении прибрежных вод она выходит к берегам и островам, где расположены основные нерестилища. В Ладожском озере палия обитает преимущественно в северной, более глубоководной части водоема. Половозрелой она становится в возрасте 6-7 лет при длине тела 40-

50 см и массе от 700 г. до 2 кг. Лудная палия Ладожского озера, по сравнению с таковой Онежского озера имеет больший темп роста. Она может достигать 6-7 кг. Нерест лудной палии Ладожского озера происходит в октябре-ноябре. В последние годы специализированного промысла палии не ведется. Начиная с 1991 г., в Карелии активно проводится работа по искусственному воспроизводству палии.

Нами проведено изучение паразитофауны палии Ладожского озера. Сбор материала проводился в августе 2003-04 гг. в северной части Ладожского озера, в районе Валаамских островов. Методом полного паразитологического вскрытия обследовано 15 экз. рыб. Учитывались все группы паразитов, кроме простейших, локализирующихся в крови.

Проведено сравнение паразитофауны палии некоторых озер бассейнов Балтийского (Онежское, Ладожское) и Белого (Пяозеро) морей. Наибольшее разнообразие паразитов (20 видов) наблюдается в Онежском озере. В Пяозере и Ладожском озере насчитывается соответственно 15 и 9 видов.

Палия Ладожского озера отличается крайне слабой зараженностью цестодами. Так экстенсивность заражения *Eubothrium salvelini* составляет 20% при интенсивности 2 экз. (Табл. 1). Моногенея *Gyrodactylus* sp. и рачок *Salmincola edwardsii* вовсе не обнаружены. Однако зараженность ее паразитами, связанными с реликтовыми ракообразными (*Echinorhynchus salmonis*, *Cystidicola farionis*), достигает большой величины (соответственно 100% при средней интенсивности 67 экз. и 93% при средней ин-

тенсивности 23 экз.). Очевидно, что эти особенности паразитофауны связаны с характером ее питания в данном водоеме. В Ладожском озере она в значительной степени потребляет реликтовых ракообразных.

Паразитофауна палии Онежского озера отличается высокой зараженностью цестодами *Eubothrium salvelini*, *Diphyllbothrium dendriticum* и *Triaenophorus nodulosus* (Табл. 2). Для данного водоема характерно также присутствие моногенеи *Gyrodactylus salaris* и рачка *Salmincola edwardsii*.

Таблица 1. Паразитофауна палии Ладожского озера

Вид	Зараженность		
	экстенсивность заражения (%)	интенсивность заражения (мин.-макс.),	индекс обилия (экз.)
<i>Eubothrium salvelini</i>	20	1-10	2
<i>Cyathocephalus truncatus</i>	26	1-1	0,46
<i>Proteocephalus exiguus</i>	13	1-1	0,26
<i>Diphyllbothrium dendriticum</i>	13	1-1	0,4
<i>Diplostomum</i> sp.	26	1-1	0,33
<i>Cystidicoloides tenuissima</i>	20	1-1	0,2
<i>Raphidascaris acus</i>	26	1-1	0,53
<i>Cystidicola farionis</i>	93	1-12	23
<i>Echinorhynchus salmonis</i>	100	2-10	66,6
Всего видов		9	
Вскрыто рыб, экз.		15	

Таблица 2. Паразитофауна палии Онежского озера

Вид	Зараженность (по данным Пермякова, Румянцева, 1984)	
	экстенсивность заражения (%)	индекс обилия (экз.)
<i>Trichodina</i> sp.	33	+
<i>Trichophrya piscium</i>	100	+
<i>Gyrodactylus</i> sp.	33	65
<i>Proteocephalus exiguus</i>	13	2
<i>Diphyllbothrium dendriticum</i>	53	1
<i>Eubothrium salvelini</i>	100	562
<i>Triaenophorus crassus</i>	47	1
<i>Crepidostomum farionis</i>	27	2
<i>Diplostomum</i> sp.	33	1
<i>Raphidascaris acus</i>	60	16
<i>Cystidicola farionis</i>	13	1
<i>Desmidocercella</i> sp.	33	4
<i>Camallanus lacustris</i>	13	1
<i>Camallanus truncatus</i>	27	2
<i>Metechinorhynchus salmonis</i>	53	5
<i>Piscicola geometra</i>	13	4
<i>Caligus lacustris</i>	47	4
<i>Salmincola edwardsii</i>	53	4
<i>Argulus foliaceus</i>	33	2
Всего видов		19
Вскрыто рыб, экз.		15

Палия Пяозера (бассейн Белого моря) по характеру паразитофауны имеет большее сходство с таковой Ладожского озера (слабая зараженность цестодами, большая зараженность скребнями). Особенно большой величины достигает зараженность ее скребнем *Echinorhynchus salmonis* (100%, средняя инт. 132 экз.) (Табл. 3), что свидетельствует об интенсивном потреблении понтопореи.

Различия в паразитофауне палии, отмеченные в озерах, объясняются, прежде всего, конкретными особенностями ее биологии, в частности, питания, и в меньшей степени зоогеографическим положением водоемов и влиянием антропогенного фактора.

Полученные результаты показали, что фауна паразитов близких по трофическому статусу озер характеризуется и близостью видового состава паразитов. Эвтрофирование Ладоги существенно изменило его статус и сказалось в обеднении фауны паразитов.

Литература

- Быховская-Павловская И.Е. 1969. Паразитологические исследования рыб. Л.: Наука. С. 1-109.
- Ивантер Э.Д., Рыжков Л.П. 2004. Рыбы. Петрозаводск: Из-во ПетрГУ. С. 176. (Мир животных).
- Мельянец В.Г. 1954. Рыбы Пяозера // Тр. Карело-Финск. гос. ун-та. Петрозаводск. Т. 5. С. 3-77.
- Пермяков Е.В., Румянцев Е.А. 1984. Паразитофауна лососевых (*Salmonidae*) и сиговых (*Coregonidae*) рыб Онежского озера // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. Вып. 216. С. 212-216.
- Петрушевский Г.К. 1940. Материалы по паразитологии рыб Карелии. Паразиты рыб Онежского озера // Ученые записки Ленинградского гос. пед. ин-та им. Герцена, 30. С. 83-186.
- Румянцев Е.А., Пермяков Е.В., Дрижаченко Е.Л. 1979. Паразитофауна рыб Пяозера // В сб. научных трудов ВНИИПРХ, 23. Болезни рыб и борьба с ними, М. С. 149-171.
- Румянцев Е.А., Пермяков Е.В., Дрижаченко Е.Л. 1984. Паразитофауна рыб Онежского озера и ее многолетние изменения // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. Вып. 216. С. 117-133.
- Румянцев Е.А., Пермяков Е.В. 1994. Паразиты рыб Пяозера // Сб. науч. тр. КНЦ РАН. С. 53-78.

Таблица 3. Паразитофауна палии Пяозера

Вид	Зараженность (по данным Пермякова, Румянцева, 1994)		
	экстенсивность заражения (%)	интенсивность зара- жения (мин.-макс.)	индекс обилия (экз.)
<i>Dermocystidium</i> sp.	6	+	+
<i>Capriniana piscium</i>	63	0,01-17,5	4,0
<i>Eubothrium salvelini</i>	87	1-14	5,7
<i>Cyathocephalus truncatus</i>	13	1-1	0,1
<i>Proteocephalus exiguus</i>	20	6-8	1,3
<i>Triaenophorus nodulosus</i>	6	1	0,1
<i>Diphyllbothrium dendriticum</i>	6	1	0,1
<i>Tylodelphys clavata</i>	31	1-5	0,6
<i>Diplostomum pseudobaeri</i>	87	4-64	10,6
<i>Crepidostomum farionis</i>	19	1-3	0,3
<i>Cystidicoloides tenuissima</i>	19	1-1	0,2
<i>Raphidascaris acus</i>	6	4	0,2
<i>Cystidicola farionis</i>	93	2-15	6,0
<i>Metechinorhynchus salmonis</i>	100	31-348	132,0
<i>Pseudoechinorhynchus borealis</i>	13	1-2	0,2
Всего видов		15	
Вскрыто рыб, экз.		16	

Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря.
Материалы IX международной конференции
11-14 октября 2004 г., Петрозаводск, Карелия, Россия
Петрозаводск, 2005. С. 218-223.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГИДРООПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕЛОГО МОРЯ

В.А. МАТЮШЕНКО

Северо-западное отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Архангельск

В статье приводятся результаты исследований пространственного распределения показателя ослабления света морской воды на длине волны 555 нм и его временной изменчивости. Показано, что оптическая структура Белого моря и пространственно-временная изменчивость показателя ослабления света тесно связаны с гидрологическим режимом Белого моря и с метеорологическими условиями региона, а также с различной пассивной водной примесью, концентрация которой изменяется под влиянием континентального, включая речной стоков и с водообменом между Белым и Баренцевым морями. Исследования были выполнены в летний период 1995-1999 гг. на более чем 200-х станциях по стандартной сетке наблюдений с использованием подводного спектрофотометра «Дельфин-М», созданного автором этой работы. Анализ пространственного распределения показателя ослабления света морской воды в Белом море показал, что водная масса отличается не только TS-характеристиками, но также и оптическими характеристиками, следовательно, ослабление света морской водой может служить объективным маркером гидрологической структуры моря и его экологического состояния.

V.A. Matyushenko. Spatial-temporary variability of hydrooptical characteristics of the White Sea // The study, sustainable use and conservation of natural resources of the White Sea. Proceedings of the IXth International Conference, October, 11-14, 2004. Petrozavodsk, Karelia, Russia. Petrozavodsk, 2005. P. 218-223.

Results of research of spatial distribution of attenuation coefficient of light by sea water on 555nm wave length and temporal variability of this coefficient are given in this paper. Its is shown that optical structure of the White sea and spatial-temporal variability of this coefficient are closely connected with hydrological regime of the White sea and meteorological conditions of the region, as well as with various passive water admixture, which concentration changes influenced by continental (including river) drains, and depends on water exchange between the White and Barents Seas. Studies were conducted in summer 1995-1999 on more than 200 stations according to the standard grid of observations. Underwater spectral photometer created by the author of this work was used. The analysis of spatial distribution of attenuation coefficient of light by seawater in the White Sea has shown that water mass differs not only by TS-characteristics, but also by optical characteristics, hence attenuation of light by seawater can serve as an impartial marker of hydrological structure of the sea and its ecological condition.

Известно (Оптика океана, 1983), что ослабление света морской водой определяется ее светорассеивающими и поглощающими свойствами. Поглощение света обусловлено оптическими свойствами трех составляющих ее компонентов: чистой воды, растворенных веществ и взвеси, при этом проникающая в водную толщу солнечная (фотонная) энергия превращается в потенциальную химическую и тепловую кинетическую энергии. Рассеяние света в водной толще связано с изменением направления движения отдельных фотонов без любого другого изменения. Количественными характеристиками этих процессов являются показатели рассеяния и поглощения света, которые в сумме составляют показатель ослабления (ПО) света морской водой. От его значения зависит интенсивность и спектральный состав солнечного излучения, проникающего на различные глубины в водную толщу. Спектральная зависимость ПО является важной характеристикой оптических свойств морской воды, будучи связанной с количественным и качественным составом взвешенных и растворенных в ней

веществ (в настоящей работе спектральные зависимости ПО не рассматриваются).

ПО относительно легко измеряется в натуральных условиях (*in situ*) (Матюшенко, 1985). Нами был использован погружной спектрофотометр-прозрачномер «Дельфин-М» (Матюшенко, Кельбалиханов, 1983; Матюшенко, 1998), который позволял одновременно измерять температуру и относительную электропроводность морской воды, что очень важно для корректной интерпретации пространственно-временной изменчивости гидрооптических характеристик. Измерения указанных характеристик Белого моря были выполнены летом 1995, 1997, 1999 гг. более чем на 200 станциях по стандартной сетке станций Росгидромета РФ.

Анализ пространственного распределения какой-либо характеристики морской воды обычно проводится совместно с гидрологической структурой моря. Наиболее обобщенным показателем гидрологической структуры в пространстве океанов и морей является понятие водной массы (ВМ) - большого объема воды, формирующегося в определен-

ной акватории и сохраняющего свои свойства за пределами области формирования.

В Белом море ВМ приобретают специфические черты за счет поступления материковых вод и приносимых ими минеральной взвеси и растворенных органических веществ терригенного происхождения. Кроме того, в северных широтах значительная сезонная изменчивость климата вносит специфические черты в процесс формирования структуры вод деятельного верхнего слоя. Поскольку значения ПО существенным образом зависят от физико-химических, биологических и динамических процессов, интенсивность, изменчивость и масштабы которых в пространстве морей не одинаковы, то, очевидно, что и распределение значений ПО в пространстве носит подчиненный этим процессам характер.

В Белом море выделяют два основных типа гидрологического режима: гомогенный, характерный для мелководных районов (Онежский залив, Горло, Мезенский залив и Воронка), где сильными приливо-отливными течениями воды перемешиваются от поверхности до дна, и стратифицированный, характерный для обширной области малоподвижных вод в глубоководной части Бассейна, Кандакшского и Двинского заливов, при этом в районах со стратифицированным режимом выделяют глубинную, промежуточную и поверхностную ВМ. Глубинная ВМ заполняет котловины моря в Кандакшском заливе и западной половине Бассейна. Формируется она в зимний период из переохлажденных поверхностных вод и сползающих по склонам дна в котловины. Промежуточная ВМ представляет собой результат смешения поверхностных вод восточной части Бассейна и Воронки в Горле моря также в зимний период. Эта ВМ наслаивается на глубинные воды в слое 90-60 м. Поверхностная ВМ также формируется зимой в результате осенне-зимнего конвективного перемешивания поверхностных вод с нижележащими водами. В весенне-летний период в поверхностной ВМ формируется прогретый и распресненный речными водами верхний квазиоднородный слой (ВКС). Этот перемешанный ветровым волнением ВКС имеет толщину от 2-3 м до 10-15 м и отделяется от нижележащих вод высокоградиентными термо- и галоклином (Дерюгин, 1928; Тимонов, 1950; Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР, 1991).

Исследования гидрооптической структуры Белого моря, выполненные нами в период 1995-1999 гг. (Матюшенко, Лукин, 1997; Лукин, Матюшенко, Воробьев, 1998; Матюшенко, Лукин, Ушаков, 1998; Матюшенко и др., 2000), показали, что характер распределения ПО практически идентичен характеру распределения ВМ и динамических образований (течения, гидрологические фронты и др.). В качестве примера на рис.1 приведены вертикальные профили ПО, из которых видно, что имеются районы Белого моря с гомогенной и стратифицированной гидрооптической структурой ВМ.

В районах с гомогенным гидрологическим режимом, где воды перемешиваются от поверхности до дна приливо-отливными течениями, вертикальное распределение ПО также имеет гомогенный характер, например, в западной части Мезенского залива и в Горле Белого моря, но в его горизонтальном распределении отмечается изменчивость, связанная с интенсивностью перемешивания различных ВМ (Рис. 2).

На границе между Белым и Баренцевым морями наблюдаются наиболее прозрачные воды, ПО которых имеет минимальное значение $0,1 \text{ м}^{-1}$. По мере проникновения в Белое море и смешивания с беломорскими водами значения ПО повышаются до $0,4-0,5 \text{ м}^{-1}$. Эти смешанные воды прослеживаются в западной части Воронки, центральной части Мезенского залива и северной половине Горла (см. рис.2).

Горизонтальная пространственная изменчивость ПО и температуры поверхностных слоев морской воды показана на рис.3а и 3б, соответственно. Так, вдоль восточного берега Мезенского залива распространяются на север воды реки Мезень со значениями ПО, равными $1,8-2,0 \text{ м}^{-1}$ и выше. В зоне Конушинского мелководья приливо-отливные течения поднимают донные осадки и перемешивают их во всей водной толще, при этом ПО превышает значения $4,0 \text{ м}^{-1}$. В южной половине Горла в верхнем слое контрастно выделяется фронтальная зона смешения вод Бассейна с водами Воронки. Такая же горизонтальная изменчивость наблюдается и по температуре воды.

В Двинском заливе и далее у Зимнего берега прослеживаются воды реки Северной Двины (Рис. 4-1). По мере распространения этих вод от вершины залива до его северной границы с Бассейном значения ПО уменьшаются от 2,7 до $0,6-0,8 \text{ м}^{-1}$. На этом рисунке отчетливо прослеживаются в поверхностном слое потоки более мутных вод, выходящих в Бассейн из Двинского залива. В западной части Бассейна выделяется обширное антициклоническое образование, в центре которого наблюдается подъем из глубины относительно чистых повышенной прозрачности вод. В Кандакшском заливе у Терского берега выделяется зона опускания поверхностных вод в более глубокие слои (Рис.5).

Что касается временной изменчивости ПО, то из данных, полученных летом 1995 и 1999 годов (см. рис. 3а и рис. 4-1, соответственно), видно, что в основном оптическая структура поверхностных слоев восточной части Белого моря идентична, однако в августе 1995 г. в период наблюдений, вероятно, преобладали ветра восточного и юго-восточного направлений и поэтому под действием этих ветров поверхностные воды, формируемые стоком р. Сев. Двина, распространились в Бассейн и Горло Белого моря. Подтверждением этому служит распределение температуры поверхности моря (см. рис.3б), повышенные значения которой наблюдались на границе Двинского залива с Бассейном, в Бассейне, у Зимнего берега в Горле и в центральной части Воронки

Белого моря. Иная картина наблюдалась в августе 1999 года. В период наблюдений, по-видимому, преобладали ветры северо-западного направления, поэтому поверхностные воды пониженной прозрачности (повышенные значения ПО) были нагнаны к Зимнему берегу и узкой полосой вдоль него распространялись в Горле до выхода из последнего. Одновременно вдоль Терского берега (Кольского полуострова) поднимались чистые прозрачные баренцевоморские воды (в результате апвеллинга), которые обычно движутся у дна Горла и поступают в Бассейн. Подтверждением этому служат повышенные значения солёности поверхностных слоев морской воды в Воронке, Горле, Бассейне, Мезенском и Двинском заливах (см. рис.4-2).

Таким образом, гидрооптическая структура Белого моря и временная изменчивость ПО тесно связаны с его гидрологическим режимом и метеорологическими условиями региона, а также с концентрацией различных примесей морской воды, изменяющейся под воздействием материкового, в том числе речного стока, и с водообменом между Белым и Баренцевым морями. Анализ пространственного распределения показателя ослабления света морской воды в Белом море показал, что водные массы различаются не только TS-характеристиками, но и оптическими, при этом ослабление света водой может служить объективным маркером гидрологической структуры моря.

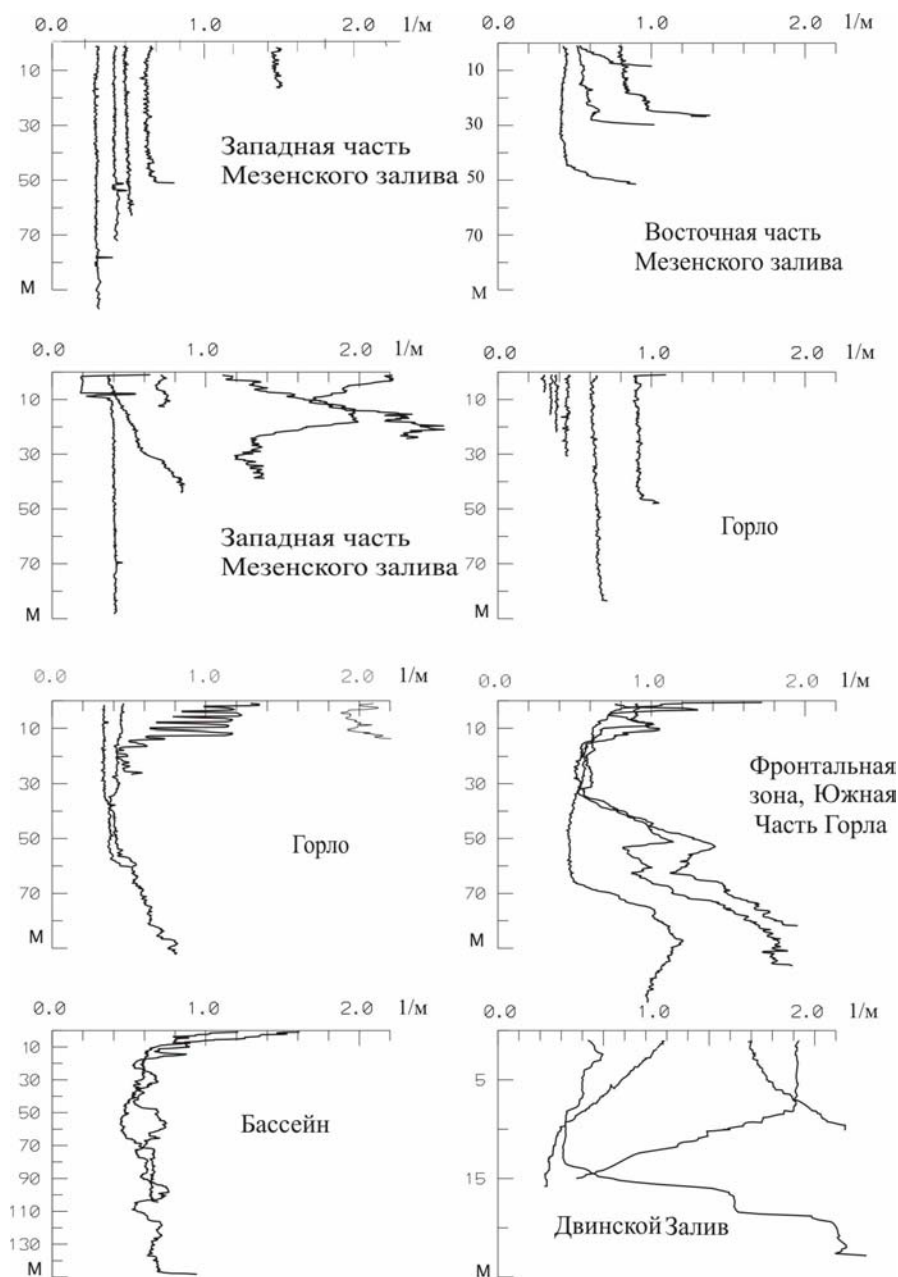


Рис. 1. Вертикальные распределения показателя ослабления. Белое море, август 1995 г.

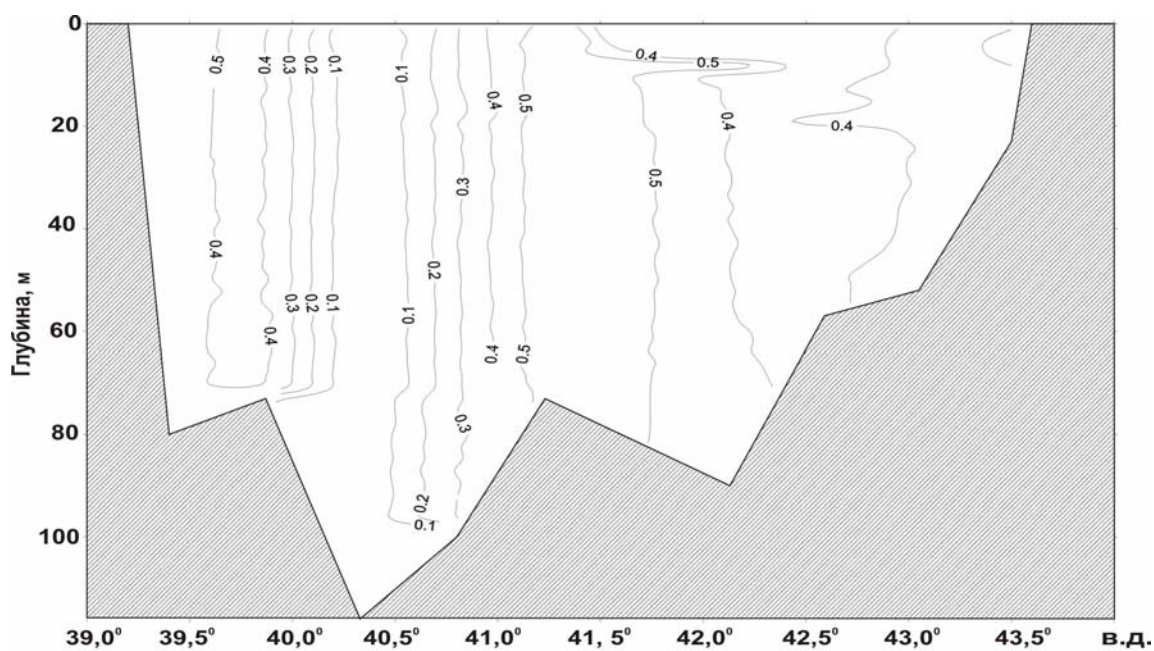


Рис. 2. Вертикальное распределение показателя ослабления света морской водой ε (м^{-1}) на разрезе по $68,5^\circ\text{с.ш.}$ Белое море, август 1995 г.

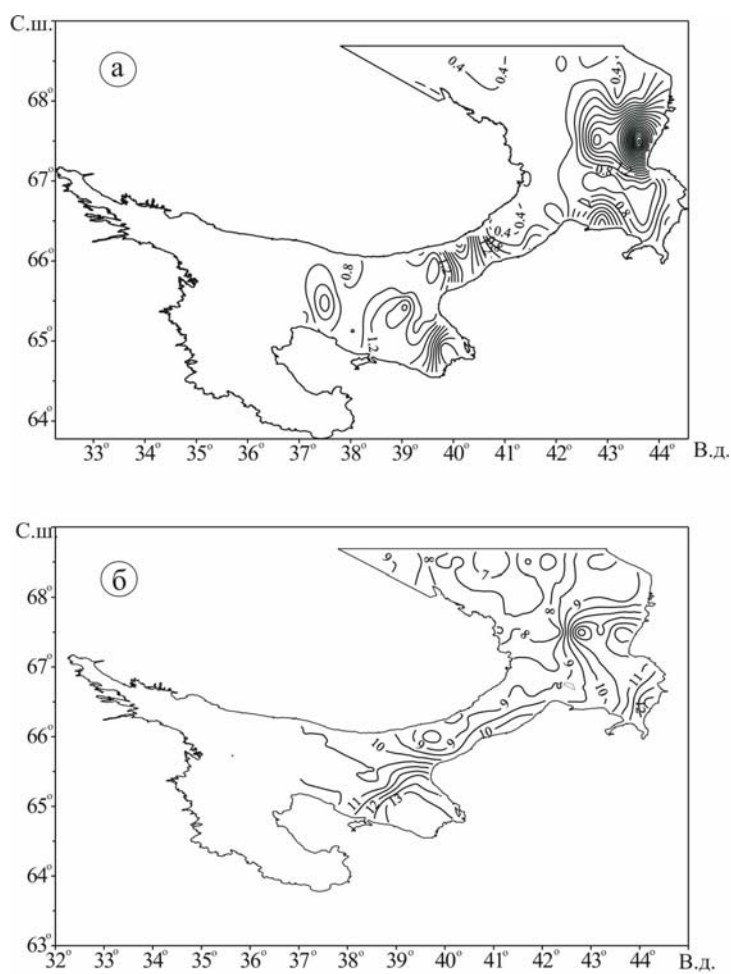


Рис. 3. Распределение показателя ослабления света морской водой ε (м^{-1}) на горизонте 1 м (а) и температуры воды t ($^\circ\text{C}$) морской поверхности (б). Белое море, август 1995 г.

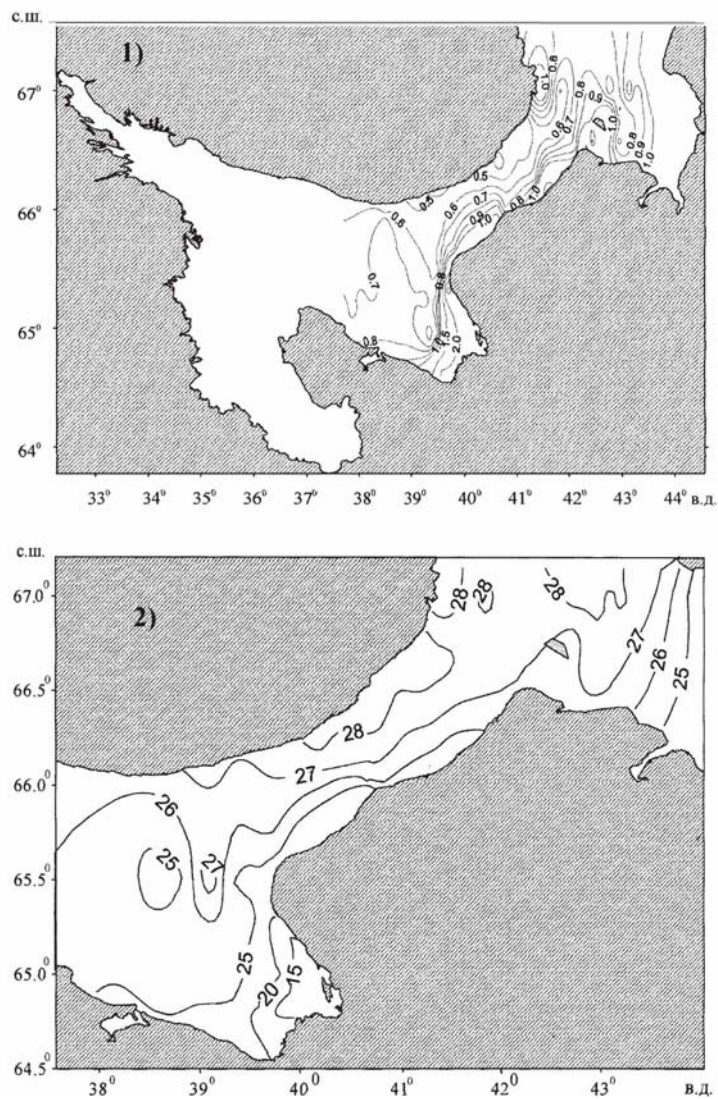


Рис. 4. Распределение показателя ослабления света (1) ϵ_{555} (м⁻¹) и солёности (‰) морской воды (2) в поверхностном слое. Белое море, август 1999 г.

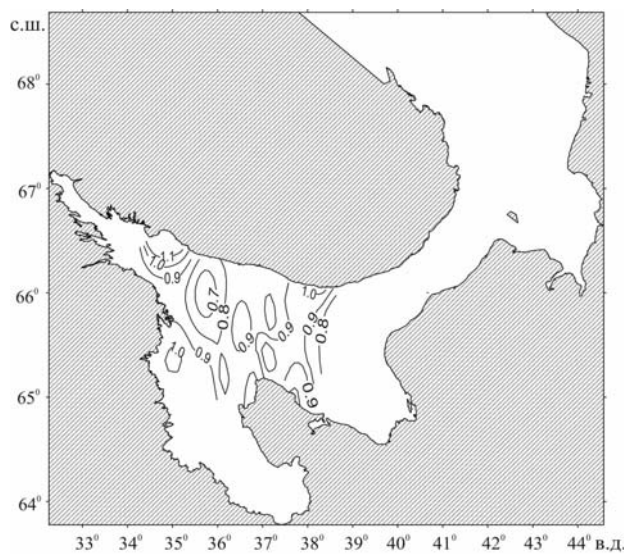


Рис. 5. Распределение показателя ослабления света морской водой ϵ (м⁻¹) в поверхностном слое. Белое море, июль, 1997 г.

Литература

- Оптика океана. Физическая оптика океана. Т.1. (Под ред. А.С.Монина). М.: Наука. 1983. 372 с.
- Матюшенко В.А. Измерение показателя ослабления света морской воды // Сб. Гидрооптические исследования. М.: ИО АН СССР, 1985. С. 95-104.
- Матюшенко В.А., Кельбалиханов Б.Ф. Спектрофотометр: А.с. 1055973А (СССР), 1983.
- Матюшенко В.А. Многопараметрический зонд «Дельфин-М» // Материалы IV Международной научно-технической конференции: «Современные методы и средства исследования мирового океана МСОИ-98». Ноябрь 1998 г., М.: ИОРАН. 1998. С. 94.
- Дерюгин К.М. Фауна Белого моря и условия ее существования. Исследования морей СССР. М., 1928. Вып. 7-8. 511 с.
- Тимонов В.В. Главные особенности гидрологического режима Белого моря // М., 1950. С. 206-236.
- Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т.2. Белое море. Вып.1 Гидрометеорологические условия. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 240 с.
- Матюшенко В.А., Лукин Л.Р. Гидрооптические исследования в северных морях // Материалы Международного форума: «По проблемам науки, техники и образования», 19-21 мая 1997 г. М.: МИИГАиК. С. 48.
- Лукин Л.Р., Матюшенко В.А., Воробьев В.В. Гидрооптическая структура вод восточной части Белого моря // Оптика атмосферы и океана. Т.11, №1. 1998. С. 61-64.
- Матюшенко В.А., Лукин Л.Р., Ушаков И.Е. Исследование оптической структуры вод Белого моря и ее связей с оптически активными компонентами // VII-я региональная конференция: «Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря»/ Сентябрь 1998 г., Архангельск. Тезисы докладов, Архангельск. С. 59.
- Матюшенко В.А., Лукин Л.Р., Лецев А.В., Хоменко Г.Д. Экологический мониторинг вод северных морей оптическими методами // Север: Экология. ИЭПС УрО РАН. Екатеринбург, 2000. С. 90-109.

Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря.
Материалы IX международной конференции
11-14 октября 2004 г., Петрозаводск, Карелия, Россия
Петрозаводск, 2005. С. 224-226.

ИХТИОФАУНА И МИКРОБИОЦЕНОЗ ОЗЕРА СВЯТОЕ

Н.М. МАХНОВИЧ, Л.С. ШИРОКОВА, Т.Я. ВОРОБЬЕВА, С.А. ЗАБЕЛИНА

Институт экологических проблем Севера АНЦ УрО РАН, Архангельск

Озеро Святое расположено на юго-западе Архангельской области. В течение лета 2004 г. нами были проведены исследования микробиоценоза, которые включали изучение сапрофитных бактерий, дрожжеподобных грибов, фенолоксилирующих бактерий, процессы продукции и деструкции. Также впервые были проведены исследования рыбной части сообщества. Был выявлен видовой состав и поло-возрастная структура популяций различных видов рыб.

N.M. Makhnovich, L.S. Shirokova, T.Ya. Vorobjeva, S.A. Zabelina. The condition of fish community and microbiocenosis of Lake Svjatoe // The study, sustainable use and conservation of natural resources of the White Sea. Proceedings of the IXth International Conference, October, 11-14, 2004. Petrozavodsk, Karelia, Russia. Petrozavodsk, 2005. P. 224-226.

Lake Svjatoe is situated in the south-west part of Arkhangelsk region. During the summer 2004 the investigations were conducted in this lake. Our study dealt with microbiological structure. We defined quantitative contents of the saprophyte bacteria, yeast, phenoloxidizing bacteria, production and destruction. As well we studied the fish-fauna and sexual structure of different fish species such as bream, perch, pike, roech and burbot.

Озера Архангельской области практически не изучены. В связи с этим неизвестны основные закономерности их развития и функционирования. Не смотря на это, изучение озер представляет большой теоретический и практический интерес.

Цель наших исследований – дать характеристику современного состояния экосистемы озера Святого Коношского района Архангельской области.

Коношский район входит в состав самой крупной в Европейской части России Архангельской области и является ее самым южным районом, граничащим с Вологодской областью. Площадь района – 8459 км². Расстояние от него до Белого моря около 300 км. Район расположен на Коношско-Няндомской возвышенности, высота которой 200-250 метров. Возвышенность протягивается с севера на юг на 100 км. Ширина до 25 км. Рельеф моренно-холмистый. На Коношско – Няндомской возвышенности берут начало притоки рек Волошка, Моша, а также реки Вель и Пуя. Коношский район покрыт густой сетью мелких речек, болот и озер. При относительной равнинности рельефа реки отличаются спокойным течением и направлены в основном в бассейн Белого моря. Пониженные места заняты крупными остаточными озерами. Многие озера превратились в болота, среди них часто встречаются заболоченные озера с торфяными берегами и незначительными глубинами. Большое распространение имеют мелкие озера – старицы. Однако, в целом район сравнительно мало заболочен.

Озеро Святое является уникальным водоемом. По занимаемой площади оно самое большое в Коношском районе (7,5 км²). Глубины варьируют от

1,5 до 16 метров. Этот водоем благодаря системе рек и озер является частью водосборного бассейна реки Онега. Святое озеро является практически единственным водоисточником бытового водоснабжения для жителей населенных пунктов, размещенных на его водосборе. Состояние данной водной экосистемы – это результат сложного взаимодействия процессов, определяемых как естественными, так и антропогенными факторами. В настоящее время состояние водоема ухудшается. Ранее оно имело большое хозяйственное значение, было центром духовной культуры. Разнообразная хозяйственная деятельность на водосборе Святого озера оказала существенное влияние на состояние его экосистемы. В частности, сильно повлияла местная промышленность в 60-х годах прошлого столетия - выработка дегтя, выпуск столярной мебели, производство порошка-спирта, гончарных изделий, спичек, деятельность маслозавода. Антропогенное воздействие проявляется неравномерно в различных частях акватории водоема с преимущественным влиянием в местах расположения населенных пунктов, местных предприятий.

В июле 2004 года нами были проведены исследования бактериопланктона и ихтиофауны озера Святое.

Целью ихтиологического исследования было выявление видовой состава рыбного населения озера, определение его половозрастной структуры. Лов рыбы производился ставными сетями с размером ячеи от 20 до 60 мм. В ихтиофауне озер центральное место занимают такие виды как лещ, окунь, плотва, щука, налим. В проведенных исследованиях нами

учитывались пластические, или экстерьерные признаки, отражающие конституцию особей. Наиболее информативные из них – длина тела до чешуйного покрова, длина головы, максимальная и минимальная высоты тела, диаметр глаза. Пластические признаки варьируют между представителями вида. Так, например, длина окуня в озере Святом варьирует от 29,7 до 8,4 см, леща – от 36,6 до 15,9 см. Соотношение полов по разным видам также различно. Таким образом, был проведен анализ особей, относящихся к разным возрастным группам. Всего было обработано 150 особей (Табл. 1).

Таблица 1. Состав ихтиофауны озера Святое и соотношение полов

Лещ	13 экз.(9♀, 4♂)
Окунь	68 экз.(25♀, 22♂, 21 ювенил.)
Плотва	61 экз.(25♀, 36♂)
Щука	7 экз.(2♀, 5♂)
Налим	1 экз.(♀)

Кроме исследования морфометрических признаков визуально учитывалось также наличие патологических изменений внешних и внутренних органов рыб. Следует отметить очень бледную окраску жабр ($B_i = 1$) у четырех особей окуня, кроме того, у семи особей окуня и у четырех особей леща отмечается очень бледная, пятнистая печень ($B_i = 1-2$).

Окунь использовался также и для фенетических исследований. Особи различались общим фоном окраски, числом, расположением и формой полос на теле. При проведении исследований нами отмечались характерные проявления в рисунке поперечных полос на боках туловища. Основным критерием, по которому велась оценка сходства между особями, было наличие V-образного раздвоения любой из полос хотя бы с одной стороны туловища в любых сочетаниях. Кроме того, учитывалось расположение и конфигурация каждой из полос относительно друг друга с разных сторон тела, характер рисунка каждой полосы, наличие дополнительных пятен между полосами. Число полос с разных сторон тела у окуня, а также степень проявления их V-образного раздвоения были различными. Наиболее распространенные сочетания V-образно раздвоенных полос следующие: 6(4) – 9 особей; 6(0) – 9 особей 6(2,3,4) – 6 особей; 6(3) – 5 особей; 6(2,3) – 4 особи, где первая цифра – число полос, в скобках – номера раздвоенных полос. Наименее распространенные сочетания: 6(1), 6(3,4), 6(2,3,6) – по одной особи. Все полученные данные можно использовать для выделения внутрипопуляционных группировок.

Одним из показателей экологической спецификации озер является изучение бактериопланктона в поверхностном горизонте и донных отложениях. В то же время пространственно-временное распределение микроорганизмов Святого озера ранее не изучалось.

Озера представляют собой хорошо отграниченные, легко поддающиеся описанию водные экоси-

стемы, в которых имеются как аэробные, так и анаэробные зоны. Однако существование микроорганизмов, обитающих в конкретном водоеме, в значительной степени зависит от экологических параметров окружающей среды.

Водные экосистемы характеризуются высокой способностью к деструкции аллохтонных органических веществ, а микроорганизмы с присущей им специфичностью действия и высокой физиологической активностью играют роль главных деструкторов. Исследование микробиоценоза является одним из наиболее важных аспектов в ряду системного изучения экосистем, в том числе и водных. Органические соединения, попавшие в водоемы, в первую очередь разлагаются сапрофитными бактериями. При поступлении в воду одних и тех же соединений данная группа микроорганизмов приспосабливается к их составу и через некоторое время производит разложение внесенных веществ значительно быстрее, чем при их первоначальном введении. Мертвое органическое вещество, разлагаясь и усваиваясь микроорганизмами, входит в состав живого организма бактерий. Таким образом, бактерии участвуют в общем круговороте веществ в водоемах.

Бактерии являются самым чувствительным и быстро реагирующим показателем загрязнения, а также определяют способность водоема к самоочищению. В связи с этим, микробиологическое исследование водных экосистем рек и озер является очень важным для комплексной экологической оценки ситуации в Коношском районе.

Рекогносцировочные исследования бактериопланктона были начаты в 2001 г. и проведены по следующим показателям: содержание сапрофитных бактерий, дрожжеподобных грибов, коли-индекс.

Пробы воды для микробиологических анализов отбирались с поверхностного и придонного горизонтов в стерильные склянки батометром. Отбор и обработка проб воды проводились по общепринятым методикам.

Численность сапрофитов в водоеме определяли при посеве на стандартный агар с последующей инкубацией при температуре 37°C в течение 24 часов и при температуре 20°C в течение пяти дней.

Для определения бактерий группы кишечной палочки (БГКП) использовались методы прямого посева и мембранных фильтров воды на чашки Петри с плотной селективной средой Эндо, инкубирование при температуре 37°C в течение 18-24 часов.

Дрожжеподобные грибы исследовались методом прямого посева изучаемых проб воды параллельно на две чашки Петри со средой Сабуро, т.к. инкубация проводится при температуре 20-22°C в течение 5-10 дней. После инкубации посевов проводился подсчет микроорганизмов с последующим анализом данных.

Абиотические показатели в летний период 2004 г., такие, как температура, минерализация, кислотность, соответствовали норме на всех станциях

отбора проб. Содержание сапрофитных бактерий говорит об активно идущих процессах деструкции органических веществ в водоеме; относительно высокое их содержание отмечено в середине озера Святое (до 2020 КОЕ/мл). Данная часть водоема является самой глубокой, что по-видимому обуславливает наиболее высокую концентрацию органических веществ. Коли-индекс варьирует в пределах от 200 до 2500. Значение данного показателя, превышающее 1000 в некоторых биотопах, вероятно, свидетельствует о фекальном загрязнении. Фенолоксилирующие микроорганизмы не были выделены. Это может указывать на то, что в силу определенных условий ряд органических веществ, в том числе и фенолы, не подвергается деструкционным процессам. Это влечет за собой процесс их аккумуляции в водной экосистеме. Исследования содержания дрожжеподобных грибов в 2001–2003 годах говорят о повышенных концентрациях данной группы микроорганизмов, которая обладает высокой активностью биосинтеза, что позволяет им длительно выживать в природной среде.

Суточные колебания количественного содержания сапрофитных микроорганизмов (505 КОЕ/мл – 1515 КОЕ/мл в поверхностном и 310 – 570 КОЕ/мл в придонном горизонтах) зависят от суточного хода температуры воды, максимум которой приходится на 16 часов.

Содержание кислорода в поверхностном горизонте в среднем равнялось 8,05 мг/л. Значение величины потребления на дыхание фитопланктона и бактерий, или деструкция органического вещества (ОВ), в озере Святое составила 0,31 мг/л; валовая продукция ОВ – 1,0 мг/л; значение чистой суточной продукции ОВ равняется 0,69 мг/л соответственно.

Для выяснения наиболее достоверной экологической обстановки в данном районе необходимо продолжить комплексные исследования, в частности изучить пространственно-временную структуру бактериопланктона, структуру и количественные показатели фито- и зоопланктона, более детально изучить ихтиоценоз. Кроме того, необходимо выявить взаимосвязь биотических компонентов и их зависимость от гидрохимического потенциала данного водоема.

Литература

- Особенности структуры экосистем Крайнего севера (на примере озер Большеземельской тундры). 1994. СПб: Наука. 260 с.
- Охрана и рациональное использование водных ресурсов Ладожского озера и других больших озер. 2003. СПб: АССПИИ. 500 с.
- Романенко В.И., Кузнецов С.И. 1974. Экология микроорганизмов пресных вод. Л.: 295 с.

Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря.
Материалы IX международной конференции
11-14 октября 2004 г., Петрозаводск, Карелия, Россия
Петрозаводск, 2005. С. 227-230.

К ЭКОЛОГИИ ПОЛУПРОХОДНОГО БЕЛОМОРСКОГО СИГА

В.К. МИТЕНЕВ, А.Б. КАРАСЕВ

Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича (ПИНРО), Мурманск

Из 43 видов паразитов, установленных у сига, исследованного в приустьевых участках четырех рек и четырех губах Беломорского бассейна, 25 видов относятся к пресноводным и 18 к морским. Смешанный характер паразитофауны (пресноводные и морские виды) свидетельствует о кратковременных нагульных миграциях сига, обусловленных морскими приливо-отливными фазами, что позволяет отнести его к обособленной эстуарной экологической группе рыбы.

V.K. Mitenev & A.B. Karasev. On ecology of the White Sea semi-anadromous whitefish // The study, sustainable use and conservation of natural resources of the White Sea. Proceedings of the IXth International Conference, October, 11-14, 2004. Petrozavodsk, Karelia, Russia. Petrozavodsk, 2005. P. 227-230.

Among 43 species of parasites found in the whitefish studied in the near mouth areas of four rivers and four inlets of the White Sea basin 25 freshwater and 18 sea ones are classified. The mixed character of the parasite fauna (freshwater and sea species) is indicative of the whitefish short-term feeding migrations caused by sea tidal phases that allow us to relate the fish to the isolated estuary ecological group.

Сиг *Coregonus lavaretus* (L.) относится к полиморфному виду, имеющему циркумполярное распространение и обитающему в озерах и реках. Большей частью это пресноводные и полупроходные рыбы, которые нагуливаются в опресненных районах моря (Решетников, 1980, 1995). В отношении систематического положения сегов до настоящего времени остается много неясного. Многообразие природных факторов, значительное различие водных ландшафтов и гидрологического различия водоемов обусловили изменчивость морфологических признаков сеговых рыб, что привело к описанию множества внутривидовых категорий европейского сига. Так, беломорский полупроходной сиг, который, по-видимому, является европейским сегом *Coregonus lavaretus lavaretus* (L.), ранее был отнесен к беломорскому морскому проходному сего *Coregonus lavaretus pidschian n. pidschianoides*, Pravdin, 1931. Однако проведенные исследования показали, что основной признак (средние показатели наименьшей высоты тела и длины нижней челюсти), по которому различаются два подвида - *Coregonus lavaretus lavaretus* (L.) и *Coregonus lavaretus pidschian* (Gmelin), - далеко не всегда применим на практике (Решетников, 1980).

Нами предпринята попытка по паразитологическим данным установить экологические ниши и определить характер нагульных миграций беломорского сига. В работе использованы материалы по паразитам сига рек Кереть (Малахов, 1972), Умба (Митенев, Шульман, 1988), Пялица, Поной (Митенев, 1977; Митенев, Зубченко, 1975), а также Гридинской, Вирьмской, Колежомской губ и Усть-

Двинья Белого моря (Шульман, Шульман-Альбова, 1953). Устранены синонимы ряда паразитов сига р. Кереть и губ Белого моря. Видовая таксономия метацеркарий рода *Diplostomum* приводится только для рек Кольского полуострова. Средняя зараженность сига губ Белого моря перерассчитана в индекс обилия.

Результаты и обсуждение

У сига, исследованного в приустьевых участках рек и губах бассейна Белого моря, установлено 43 вида паразитов семи классов: *Microsporea* - 1, *Monogenea* - 1, *Cestoda* - 6, *Trematoda* - 19, *Nematoda* - 9, *Acanthocephala* - 5, *Crustacea* - 2 (табл.). Паразитофауна сига, совершающего нагульные миграции, носит явно выраженный смешанный характер и представлена пресноводными и морскими видами. Абсолютное большинство таксонов относятся к паразитам со сложным циклом развития (90,7%). Среди них значительная часть видов, за исключением трематоды *Phyllodistomum conostomum* и метацеркарий трематод родов *Diplostomum*, *Tylodelphys*, *Ichthyocotylurus*, *Apatomon*, приобретаются сегом через пищевые компоненты.

Во время пребывания в пресноводной среде и питаясь веслоногими рачками, сиг приобретает цестод *Triaenophorus crassus* pl. и *Proteocephalus exiguus*. Здесь же в его рацион входят бокоплавы, которые также служат промежуточными хозяевами цестоды *Cyathocephalus truncatus*, нематоды *Cystidicola farionis* и скребней *Pseudoechinorhynchus borealis*, *Metechinorhynchus salmonis*. Употребляя в пищу олигохет, паденок и личинок различных насекомых,

Таблица. Паразитофауна полупроходного Беломорского сига

Название паразита	р. Кереть	р. Умба	р. Пялица	р. Поной	Гридинская губа	Вирьмская губа	Колежкомская губа	Усть-Двинье
<i>Glugea hertwigi</i>	-	-	-	-	-	-	-	<u>6,25</u> +
<i>Discocotyle sagittata</i>	<u>7,7*</u> 0,25	<u>20,0</u> 0,2	-	<u>6,6</u> 0,1	-	-	-	-
<i>Triaenophorus crassus pl.</i>	-	<u>20,0</u> 0,2	-	-	-	-	-	-
<i>Eubothrium crassum</i>	-	-	-	-	<u>1из10</u> 0,1	-	-	-
<i>Cyathocephalus truncatus</i>	-	-	-	<u>26,6</u> 9,0	-	-	-	-
<i>Diplocotyle olrikii</i>	-	<u>6,6</u> 0,3	<u>26,6</u> 3,0	<u>33,3</u> 5,3	-	-	-	-
<i>Proteocephalus exiguus</i>	<u>26,9</u> 8,9	<u>6,6</u> 0,1	<u>60,0</u> 5,2	-	<u>3из10</u> 0,6	<u>20,0</u> 0,6	<u>2из7</u> 0,6	<u>43,75</u> 3,9
<i>Scolex pleuronectis</i>	-	<u>6,6</u> 0,1	-	<u>6,4</u> 2,4	-	-	-	-
<i>Hemiurus levinseni</i>	-	-	<u>40,0</u> 12,9	-	-	-	-	-
<i>Brachyphallus crenatus</i>	<u>46,2</u> 15,9	<u>6,6</u> 0,1	-	-	-	-	-	-
<i>Derogenes varicus</i>	<u>28,8</u> 2,73	<u>20,0</u> 0,2	<u>60,0</u> 5,3	-	<u>1из10</u> 0,2	-	<u>1из7</u> 0,3	<u>6,25</u> 0,06
<i>Lecithaster confusus</i>	-	-	<u>6,6</u> 0,1	-	-	-	<u>1из7</u> 0,14	-
<i>L.gibbosus</i>	<u>26,9</u> 7,13	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudozoogonoides microacetabulum</i>	-	-	-	-	<u>3из10</u> 0,3	-	-	-
<i>Phyllodistomum conostomum</i>	-	<u>13,3</u> 0,2	-	-	-	-	-	-
<i>Podocotyle atomon</i>	<u>17,3</u> 1,77	-	-	<u>66,6</u> 38,3	<u>1из10</u> 0,1	-	-	-
<i>P. reflexa</i>	-	-	<u>13,3</u> 2,0	-	-	-	-	-
<i>Diplostomum spp.</i>	<u>1,92</u> 0,42	-	-	-	-	-	-	<u>56,25</u> 1,8
<i>D. rutili</i>	-	<u>13,3</u> 0,5	-	-	-	-	-	-
<i>D. mergi</i>	-	<u>6,6</u> 0,1	-	-	-	-	-	-
<i>D. paraspathaceum</i>	-	-	<u>60,0</u> 1,8	-	-	-	-	-
<i>D. spsthaceum</i>	-	-	<u>13,3</u> 0,3	-	-	-	-	-
<i>D. pseudobaeri</i>	-	<u>93,3</u> 11,1	-	-	-	-	-	-
<i>D. volvens</i>	-	<u>26,6</u> 0,9	-	-	-	-	-	-
<i>Tylodelphys clavata</i>	<u>11,5</u> 0,97	-	<u>60,0</u> 2,1	<u>6,6</u> 0,1	-	-	-	-

Продолжение таблицы

Название паразита	р. Кереть	р. Умба	р. Пялица	р. Поной	Гридинская губа	Вирьская губа	Колежская губа	Усть-Двинь
<i>Ichthyocotylurus erraticus</i>	-	<u>100</u> 65,1	<u>66,6</u> 7,1	<u>80,0</u> 10,9	-	<u>6,6</u> 0,07	-	-
<i>Apatemon annuligerum</i>	-	<u>6,6</u> 0,1	-	-	-	-	-	-
<i>Capillaria salvelini</i>	-	-	-	-	<u>3из10</u> 1,8	-	-	-
<i>Rhabdochona denudata</i>	-	-	-	<u>13,3</u> 0,6	-	-	-	-
<i>Cystidicola farionis</i>	-	<u>33,3</u> 4,1	<u>40,0</u> 1,6	<u>6,6</u> 0,1	-	-	-	<u>81,25</u> 3,25
<i>Cystidicoloides tenuissima</i>	-	-	<u>20,0</u> 0,5	<u>13,3</u> 0,3	-	-	-	-
<i>Cucullanus truttae</i>	<u>1,92</u> 0,02	-	-	<u>26,6</u> 0,3	-	<u>6,6</u> 0,07	-	-
<i>Anisakis simplex</i> L.	<u>13,46</u> 0,27	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudoterranova decipiens</i>	<u>1,92</u> 0,04	-	-	<u>20,0</u> 0,3	<u>1из10</u> 0,1	-	-	-
<i>Raphidascaris acus</i> L.	-	<u>66,6</u> 8,3	-	-	-	-	-	-
<i>Hysterothylacium aduncum</i> ad.	-	-	-	-	<u>4из10</u> 4,8	-	-	<u>6,25</u> 0,06
<i>H. aduncum</i> L.	<u>25,0</u> 1,115	<u>6,6</u> 0,1	<u>6,6</u> 0,1	-	-	<u>20,0</u> 0,2	<u>3из7</u> 0,7	<u>12,5</u> 0,7
<i>Corynosoma semerme</i>	-	-	-	-	-	-	<u>1из7</u> 0,14	-
<i>C. strumosum</i>	-	-	-	-	<u>2из10</u> 0,5	-	-	-
<i>Echinorhynchus gadi</i>	<u>25,0</u> 3,3	<u>33,3</u> 1,1	<u>20,0</u> 0,3	<u>6,6</u> 0,1	<u>1из10</u> 0,1	-	-	-
<i>Pseudoechinorhynchus borealis</i>	-	-	-	<u>6,6</u> 0,1	-	-	-	-
<i>Metechinorhynchus salmonis</i>	<u>23,1</u> 2,86	<u>40,0</u> 0,8	<u>66,6</u> 14,1	-	-	-	-	<u>18,75</u> 0,4
<i>Salmincola extensus</i>	<u>11,53</u> 0,46	-	-	-	-	-	-	<u>6,25</u> 0,06
<i>Lepeophtheirus salmonis</i>	<u>1,92</u> 0,096	-	-	-	-	-	-	-

* Над чертой - экстенсивность инвазии, % от 15 и более исследованных рыб; под чертой - индекс обилия

сиг заражается нематодами *Capillaria salvelini*, *Rhabdochona denudata*, *Cystidicoloides tenuissima*, *Raphidascaris acus* L. Нематода *Cucullanus truttae* инвазирует рыбу или через заглатывание свободно плавающих личинок, или через поедание личинок миноги. Некоторые из перечисленных пресноводных паразитов (*P. exiguus*, *C. salvelini*, *C. farionis*, *C. truttae*, *M. salmonis*) обнаружены в море (см. табл.).

Богатая фауна морских паразитов указывает на более широкий спектр питания сига при нагуле в море. Значительное количество видов паразитов (*Eubothrium crassum* pl., *Scolex pleuronectis*, *Hemi-*

rus levinseni, *Brachiphallus crenatus*, *Derogenes vari-*
cus, *Lecithaster confusus*, *L. gibbosus*) сиг приобретает при использовании в пищу веслоногих рачков. Через питание веслоногими рачками, мизидами, изоподами и олигохетами он заражается нематодами *Pseudoterranova decipiens* L. и *Hysterothylacium aduncum* L. Не исключено питание сига эуфаузи-
выми рачками, на что указывает находка у него личинки нематоды *Anisakis simplex*. Через амфипод, мизид, и изопод сиг заражается двумя видами трематод рода *Podocotyle*. Наличие у сига цестоды *Dip-*
locotyle olrikii, скребней *Corynosoma semerme* L.,

C. strumosum L., *Echinorhynchus gadi* свидетельствует об использовании им в пищу бокоплавов. Встречаемость морских паразитов у сига как в исследованных реках, так и в море носит гетерогенный характер (см. таблицу).

Таким образом, катадромные и анадромные нагульные миграции сига обусловили набор морских и пресноводных паразитов. Вместе с тем следует отметить, что рыбы, пребывая в морской среде, становятся гипотониками и пьют морскую воду (Шульман, 1966). Поэтому кишечные формы паразитов при высокой солености морской воды должны погибнуть. Однако многие из них, как было показано выше, у исследованного сига в заливах Белого моря сохранялись. Более того, у сига в Двинском заливе (Усть-Двинье) был обнаружен пресноводный эктопаразит *Salmincola extensus*, что указывает на недавнюю миграцию рыбы из пресной среды в морскую. Обнаружение сохранившихся пресноводных паразитов у сига в морской среде, а морских паразитов – в пресноводной, позволяет сделать вывод о кратковременности его нагульных миграций. Выживание пресноводных паразитов в море также указывает на нагул сига в акваториях с низкой соленостью, т.е. характер его нагульных миграций ограничен морскими приливо-отливными фазами. По-видимому, этот сиг относится к обособленной эстуарной экологической группе рыбы, обитающей в приустьевых участках рек. Выше приустьевой зоны реки обитает пресноводный сиг. Примером служит полное отсутствие морских паразитов у сига исследованного примерно в 20 км от устья рек Варзуга (Митенев, 1973) и Умба (Митенев, Шульман, 1988). В Пялице

выше приустьевой зоны реки сиг не встречается, в Поное жилая форма сига известна в среднем и верхнем участках рек.

Литература

- Малахова П.П. Паразитофауна семги *Salmo salar* L., кумжи *Salmo trutta* L., горбуши *Oncorhynchus gorbusha* (Walb.) и сига *Coregonus lavaretus n. pidschianoides* Pravdin в бассейне Белого моря // Лососевые (*Salmonidae*) Карелии. Петрозаводск, 1972. Вып. 1. С. 21-26.
- Митенев В.К. Паразитофауна рыб пресноводных водоемов Кольского полуострова // Автореф. дис.... канд. биол. наук. Л., 1973. 23 с.
- Митенев В.К. Паразитофауна рыб р. Пялица // Тр. ПИНРО. 1977. Вып.32. С. 59-76.
- Митенев В.К., Зубченко А.В. К фауне паразитов сига (*Coregonus lavaretus* L.) // Вопросы ихтиологии, 1975. Т. 15, вып.2 (19). С. 356-360.
- Митенев В.К., Шульман Б.С. Эколого-фаунистический анализ паразитов рыб реки Умба // Эколого-популяционный анализ паразито-хозяйственных отношений. Петрозаводск: Изд-во Карельского филиала АН СССР, 1988. С. 3-20.
- Решетников Ю.С. Экология и систематика сиговых рыб. М.: Наука, 1980. 300 с.
- Решетников Ю.С. Современные проблемы изучения сиговых рыб // Вопросы ихтиологии, 1995. Т. 35, №2. С. 156-174.
- Шульман С.С. Микроспоридии фауны СССР. М.-Л.: Наука, 1966. 507 с.
- Шульман С.С., Шульман-Альбова Р.Е. Паразиты рыб Белого моря. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1953. 198 с.

Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря.
Материалы IX международной конференции
11-14 октября 2004 г., Петрозаводск, Карелия, Россия
Петрозаводск, 2005. С. 231-233.

СОСТАВ ЖЕЛЧНЫХ КИСЛОТ НАВАГИ В УСЛОВИЯХ РАЗНОЙ СОЛЕННОСТИ

Д.Н. МОРОЗОВ, Л.М. ЗЕКИНА, Р.У. ВЫСОЦКАЯ

Институт биологии Карельского научного центра, Петрозаводск

Исследовали желчнокислотный состав желчи наваги *Eleginus navaga* из двух акваторий Белого моря, различающихся уровнем солёности. Получены достоверные различия по содержанию холевой кислоты. У рыб из дельты реки Кемь (10-24‰) содержание холевой кислоты было больше, чем в открытом море (около 25‰). Самцы проявляли большую чувствительность к воздействию пониженной солёности. Обсуждается использование желчнокислотного состава как одного из показателей биохимической адаптации к солёности.

D.N. Morozov, L.M. Zekina & R.U. Vysotskaya. Bile acids content in *Eleginus navaga* under different salinity conditions // The study, sustainable use and conservation of natural resources of the White Sea. Proceedings of the IXth International Conference, October, 11-14, 2004. Petrozavodsk, Karelia, Russia. Petrozavodsk, 2005. P. 231-233.

The bile acids content of bile in *Eleginus navaga* caught in two areas of the White Sea with different salinity was studied. There were significant differences in cholic acid content in bile between the areas with low salinity (the mouth of river Kem) (10-24‰) and high salinity (open sea) (about 25‰). The cholic acid content in bile was higher in the area with low salinity. Males were more sensitive to low salinity than females. The use of bile acids content as one of the indices of biochemical adaptation to salinity is discussed.

Воздействие такого фактора, как солёность представляет особый интерес при изучении жизнедеятельности водных организмов, так как он регулирует количество поступающей пищи, процесс ее переваривания и рост рыбы (De Silva et al., 1976). Возможны изменения видового состава гидробионтов, являющихся кормовыми объектами рыб (беспозвоночных, водорослей, других видов рыб).

Приспособительные изменения водно-солевого обмена находятся под регулирующим действием таких стероидных гормонов, как минералокортикоиды, например, кортизол (Chan, et al., 1978). Показано, что при переходе в гипоосмотические условия у морских рыб увеличивается продукция углекислого газа и аммиака и, как следствие, растёт потребление кислорода тканями. Установлено, что аминокислотный обмен у рыб также находится в зависимости от изменения уровня солёности. Возможно, что неорганические ионы среды обитания лежат в основе этого регуляторного механизма (Schoffeniels, 1976).

Имеется ряд работ, подтверждающих действие солёности и на другие биохимические и физиологические показатели организма гидробионтов. В частности, показано, что хлоридные клетки мальков гуппи становятся толерантными к солёной воде по мере их развития (Takahito, et al., 1999; Zia, et al., 1994). Обнаружено также, что обмен сфингомиелина сопряжен с транспортом солей (El Babili, et al., 1996). Содержание витамина С и его производных уменьшается в ходе солёностной адаптации (Felton S.P., et al., 1998). Описываются и другие морфоло-

гические и физиологические изменения при изменении содержания солей в окружающей среде (Afonso, et al., 1990). Осмолярность плазмы крови у некоторых видов рыб при изменении режима солёности варьирует в широких пределах (Haney, et al., 1999).

Целью настоящей работы было выяснение влияния солёности на один из показателей стероидного обмена – содержание желчных кислот в желчи морской рыбы.

Материалы и методы

Объектом исследования была навага *Eleginus navaga*, отловленная из различных акваторий Белого моря, характеризующихся неодинаковым уровнем солёности: открытое море и дельта реки Кемь. Пробы желчи для биохимического анализа фиксировали 10-кратным объемом этанола и хранили при 4°C. Желчнокислотный состав определяли спектрофотометрическим методом (Рипатти и др., 1969). Результаты представлены в виде холатного показателя – соотношения холевой кислоты к общему содержанию желчных кислот, выраженного в процентах (ХП%). Высчитывали коэффициент вариабельности (CV%) холатного показателя. Полученные результаты обработаны общепринятыми методами статистики (Ивантер и др., 1992). Достоверность различий между сравниваемыми вариантами оценивали по непараметрическому критерию U Уилкоксона-Манна-Уитни (Гублер и др., 1969).

Результаты и обсуждение

Получены достоверные различия между исследуемыми группами рыб по ХП желчи (Рис. 1). У наваги из открытого моря, где соленость достаточно стабильна (около 25‰), желчнокислотный состав характеризовался низким значением ХП как у самок, так и самцов. В то время как в дельте реки Кемь при колебаниях уровня солености от 24 до 10‰ наблюдались более высокие значения этого показателя.

При сравнении по половому признаку получены достоверные различия между самцами из разных зон. Наблюдалась тенденция к увеличению ХП у самцов по отношению к ХП самок.

Выявленные различия по желчнокислотному составу можно объяснить влиянием солености непосредственно на водно-солевой режим или опосредованно на кормовую базу.

Ранее нами было показано, что изменения кормовой базы, и характера питания может влиять на желчнокислотный состав желчи рыб (Зекина и др., 2001; Рипатти и др., 1973.). Наиболее вероятным

кажется следующая схема воздействия солености: резкие изменения уровня солености в дельте реки Кемь существенным образом сказываются на видовом составе пищевых объектов исследуемого вида рыбы, что может привести к существенному сдвигу многих биохимических показателей (аминокислот, белков крови, содержанию липидов, в том числе и желчных кислот).

Тот факт, что навага при изменении уровня солености сохраняет жизнеспособность (не имеет значительных морфологических и каких-либо патологических изменений в строении органов) позволяет утверждать, что такое изменение холатного показателя представляет собой биохимическую адаптацию. Значительные изменения коэффициента вариации (Рис. 2) наводят на мысль, что навага из открытого моря обладает более широким приспособительными возможностями для данного вида по сравнению с рыбой из устья реки Кемь. Действие такого фактора, как понижение солености является гипотоническим стрессом, нивелирующим различия в ХП и, как следствие, снижающим CV%.

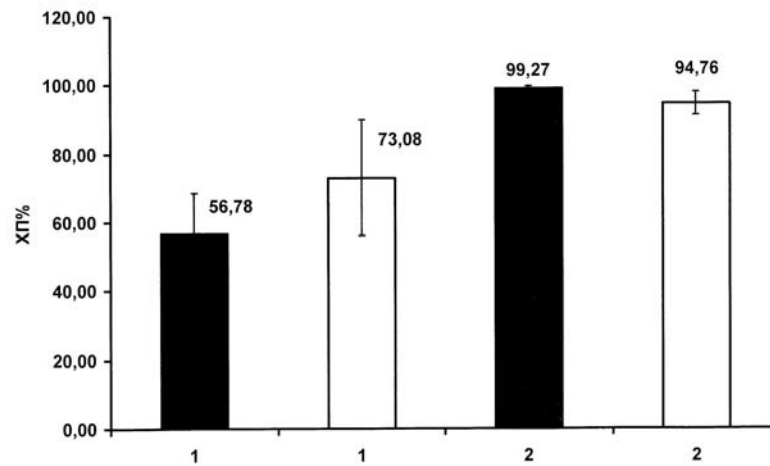


Рис. 1. Холатные показатели желчи наваги *Eleginus navaga* из разных зон вылова
Здесь и в след. рис.: 1 – открытое море, 2 – устье реки Кемь. Черные столбцы – самцы, белые – самки

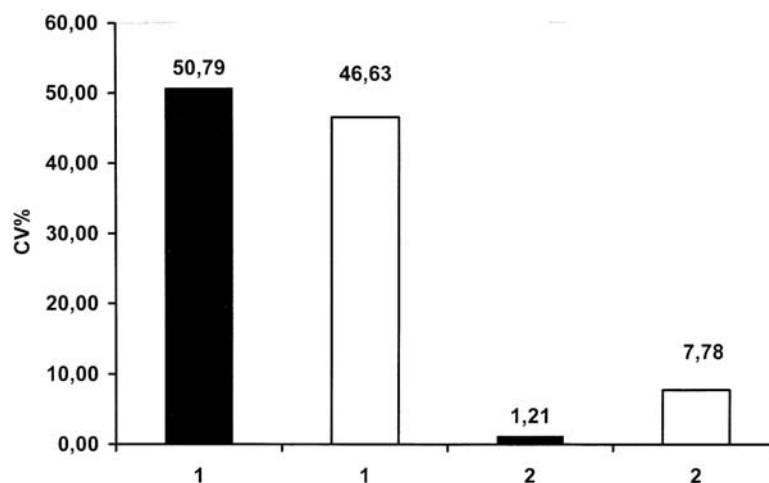


Рис. 2. Коэффициенты вариальности холатного показателя желчи наваги *Eleginus navaga* из разных зон вылова

Следует отметить, что кроме действия солёности на желчнокислотный состав в дельте реки Кемь могут оказывать действие и другие факторы, например, антропогенные загрязнения.

Таким образом, показано, что с уменьшением солёности содержание холевой кислоты в желчи наваги возрастает. Более низкий коэффициент вариабельности холатного показателя указывает на стабилизирующий характер воздействия данного фактора. Самцы проявляют большую чувствительность к воздействию пониженной солёности. Изменения желчнокислотного состава можно рассматривать как биохимическую адаптацию наваги к изменению солёности.

Работа выполнялась при финансовой поддержке грантов Президента РФ «Ведущие научные школы» (НИИ-894.2003.4), программы ОБН «Фундаментальные основы управления биологическими ресурсами» (№10002-251/ОБН-02/151-433.220503-181).

Литература

- Гублер Е.В., Генкин А.А. 1969. Применение критериев непараметрической статистики для оценки различий двух групп наблюдений в медико-биологических исследованиях. М.: Медицина. 31 с.
- Зекина Л.М., Рипатти П.О., Сидоров В.С. 2001. Влияние рациона питания на состав желчных кислот в желчи диких и заводских годовиков лосося // Журн. «Вопросы рыболовства» №1. С. 89-92.
- Ивантер Э.В., Коросов А.В. 1992. Основы Биометрии. ПетргУ: Петрозаводск. 90 с.
- Рипатти П.О., Попова Р.А., Каган Т.Б., Бехтерева З.А. 1969. Спектрофотометрическое определение желчных кислот // Вопр. мед. химии, 15. С. 630-633.
- Рипатти П.О., Сидоров В.С. 1973. Количественный состав желчных кислот некоторых позвоночных в связи с характером их питания // Докл. АН СССР. Т. 212. №3. С. 770-773.
- Afonso A. 1990. Efeitos da salinidade da na circulacao branquial ao "tem" e suas implicacoes em aquacultura // Cienc. Biol. Mol. and cell. Vol. 15, № 1-4. P. 3.
- Chan D.K.O., Woo N.Y.S. 1978. Cortisol in eel metabolism // Gen. comp. Endocr. Vol. 35. P. 205-215.
- De Silva S.S., Perera P.A.B. 1976. Studies on the young grey mullet, *Mugil cephalus* L. I. Effects of salinity on food intake, growth and food conversation // Aquaculture. Vol. 7. P. 327-338.
- El Babili M., Brichon G., Zwingelstein G. 1996. Sphingomyelin metabolism is linked to salt transprt in the gills of euryhaline fish // Lipids Vol. 31, № 4. P. 385-392.
- Felton S.P., Luzzana U. 1998. Vitamin C lost during adaptation to salt water. Ascorbic acid and ascorbyl-2-sulphate measured in chinook salmon, *Oncorhynchus toshawytscha* (Walbaum) // Aquacult. Res. Vol. 29, №8. P. 609-610.
- Haney D.C. 1999. Osmoregulation in the sheepshead minnow, *Cyprinodon variegatus*: Influence of a fluctuating salinity regime // Estuaries Vol. 22, №4. P. 1071-1077.
- Schoffeniels E. 1976. Adaptations with respect to salinity // Biochem. Soc. Symp. P. 179-104.
- Takahito S., Yoshihisa F. 1999. Changes in salinity tolerance and branchial chloride cells of newborn guppy during freshwater and seawater adaptation // J. Exp. Tool. Vol. 284, № 2. P. 137-146.
- Zia S., McDonald D.G. 1994. Role of the gills and gill chloride cells in metal uptake in the freshwater adapted rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* // Can. J. Fish and Aquat. Sci. Vol. 51, № 11. P. 2482-2492.

Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря.
Материалы IX международной конференции
11-14 октября 2004 г., Петрозаводск, Карелия, Россия
Петрозаводск, 2005. С. 234-238.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ФУКУСОВЫХ И ЛАМИНАРИЕВЫХ СООБЩЕСТВ БЕЛОГО МОРЯ ПОСЛЕ ПРОМЫСЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

О.Н. МОХОВА, Т.А. МИХАЙЛОВА

Северное отделение Полярного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (СевПИНРО), Архангельск

В 1999-2004 гг. изучали влияние скашивания на сообщества фукуса и ламинарии на экспериментальных площадках около Соловецких о-вов и о-ва Жижгинский. Сообщества *Ascophyllum nodosum* + *Fucus vesiculosus* восстанавливаются за 2-3 года в зависимости от категории плотности заросли в изначальном сообществе и процента изъятия водорослей. Ламинариевые сообщества восстанавливаются за 1-2 года. Промысел фукоидов не нарушает видовой структуры их сообществ.

O.N. Mokhova & T.A. Mikhailova. Restoration of Fucalts and Laminaries seaweed communities in the White Sea after trade harvesting effect // The study, sustainable use and conservation of natural resources of the White Sea. Proceedings of the IXth International Conference, October, 11-14, 2004. Petrozavodsk, Karelia, Russia. Petrozavodsk, 2005. P. 234-238.

Effect of harvesting (by the cut) on communities of the brown algae was studied in 1999-2004 on experimental areas near Solovetsky and Jijgin islands. *Ascophyllum nodosum* + *Fucus vesiculosus* communities are being restored during 2-3 years depending on the degree of density of seaweeds in the initial community and percent of impressment of seaweeds. Laminaria communities are being restored during 1-2 years. Harvesting does not change the species structure of communities.

В настоящее время повышенный интерес к морским водорослям делает актуальными исследования воздействия промысла на естественные сообщества. В течение нескольких последних десятилетий по всем объектам водорослевого промысла в Белом море оптимальный допустимый улов не превышает 30% от запаса эксплуатируемого участка. В то же время следует учесть, что пятнистость, свойственная природному распределению макрофитов, делает практически нереальным равномерное изъятие водорослей из зарослей. Это означает, что на промысловом участке часть зарослей может оказаться нетронутой, а часть – претерпеть усиленную эксплуатацию, превышающую допустимые объемы. В такой ситуации возникает вопрос: насколько устойчивыми являются сообщества промысловых макрофитов как к допустимому объему изъятия, так и к его превышению.

Промысловые заросли по плотности распределения водорослей на грунте подразделяются на 3 категории: I категория – проективное покрытие дна водорослями составляет 70-100 %; II категория – 50-70 %; III категория – 30-50 %. Не исключено, что в различных категориях процесс восстановления будет происходить по-разному.

Материал и методика

Исследования в фукусовых сообществах проводились в 1999-2004 гг. в районе о-ва Соловецкий. Экспериментальное кошение проводилось серпом,

фукоиды срезались на уровне 10-15 см от подошвы. В зарослях I категории плотности 50%-ное изъятие проводилось рамочным методом в шахматном порядке на площадке возле м. Ребалда (северная часть о-ва Соловецкий), 35%-ное изъятие – в зарослях II категории плотности и 15%-ное изъятие в зарослях III категории плотности выполнялось от вычисленного запаса напротив о-вов Сенные Луды (западная часть о-ва Соловецкий). Все площадки расположены в литоральной зоне и имеют площадь по 100 м². Отбор проб выполнялся в 5-кратной повторности с берега рамкой 0,09 м². В качестве основных обсуждаемых характеристик сообщества избраны биомасса и плотность поселения водорослей.

На более крупных полигонах (600 м² и 1000 м²) в типичных для Белого моря зарослях с проективным покрытием дна от 50 до 70% проводились сравнительные эксперименты по кошению серпом и косой (с целью имитации реально существующих способов добычи). Отбор проб выполнялся рамкой 1 м².

Исследования в ламинариевых сообществах проводились в 2001-2004 гг. на 3 экспериментальных площадках в районе о-ва Жижгинский, расположенных в зарослях I категории. Каждая площадка размещена на глубине 2 м и имеет площадь около 400 м². На площадке с доминированием вида *Laminaria saccharina* в 2002 г. проводилось 50%-ное кошение водолазным способом. На одной площадке с доминированием вида *Laminaria digitata* в 2002 г. проводилось 50%-ное кошение ручной косой и во-

долазным способом, на второй площадке в 2001 г. проводилось 30%-ное кошение ручной косой и в 2002 г. - 30%-ное кошение водолазным способом. Отбор проб выполнялся аквалангистами в 3-4-кратной повторности рамкой 1 м². В качестве основных обсуждаемых характеристик сообщества избраны биомасса и плотность поселения пологих растений. Условно принято, что полог формируют растения, превышающие 50 см в длину.

Результаты и обсуждение

Для восстановления сообществ фукусовых водорослей требуется различное время в зависимости от категории и доли изъятия. В зарослях I категории дважды проводили изъятие 50%. Начальные этапы восстановления происходили сходным образом (Рис. 1). Удаление большого количества крупных растений через 1 год приводит к резкому снижению биомассы водорослей. На освободившемся субстрате появляются многочисленные проростки, за счет которых столь же резко возрастает плотность поселения водорослей. В течение 2-го года плотность поселения водорослей продолжает увеличиваться и вместе с этим начинает нарастать биомасса молодых и регенерирующих растений. Спустя 3 года, биомасса достигает исходного значения (Мохова, 2003), а плотность, напротив, резко падает за счет элиминации большинства проростков, оказавшихся под пологом вновь появившихся крупных слоевищ.

В зарослях II категории было скошено 35% от запаса. Изменение общей биомассы и общей плотности обоих видов фукоидов происходило аналогично предыдущему эксперименту. При этом у *Ascophyllum nodosum* были отмечены более сильные изменения биомассы. Восстановление основных промысловых показателей сообщества наблюдается через 3 года с некоторым увеличением доли *Fucus vesiculosus* в общей биомассе (Рис. 2).

В зарослях III категории изымалось всего лишь 15% от запаса. Биомасса водорослей снижается незначительно и через 2 года практически восстанов-

ливается. Как и в предыдущем эксперименте, отмечено некоторое увеличение доли *Fucus vesiculosus*. Изменения плотности поселения водорослей обоих видов мало заметные (Рис. 3).

Большие полигоны были размещены в зарослях II категории, и скошено на них было по 25% от запаса. При этом, они расположены в разных районах острова, эксперимент в них проводился в разные годы и различным орудием промысла (серб и коса). На первом полигоне в результате кошения биомасса снижается в 1,4 раза, а через год полностью восстанавливается (Табл. 1). Повторное кошение подтверждает эти результаты. На втором полигоне биомасса также снижается в 1,4 раза, однако, восстановление наблюдается уже не через год, а через 2 года (Табл. 2).

Ламинариевые сообщества в наших экспериментах показали более высокую скорость восстановления. Так, в фитоценозе *Laminaria saccharina* даже после изъятия 50 % от запаса восстановление общей биомассы водорослей происходит уже на следующий год (Рис. 4). Отмечается незначительное возрастание биомассы и плотности поселения пологих растений другого быстрорастущего вида *Alaria esculenta*, который также относится к ламинариевым водорослям, но в настоящее время представляет меньший хозяйственный интерес. Через 2 года после кошения видовое соотношение ламинариевых практически соответствует исходному.

Анализ экспериментов в сообществах с преобладанием *Laminaria digitata* показал, на первый взгляд, неожиданные результаты. В качестве нулевой гипотезы выдвигалось предположение о более низкой конкурентоспособности *L. digitata* по сравнению с видом *L. saccharina*. Такое предположение основывалось на том, что *L. digitata*, действительно, значительно отстает от вида *L. saccharina* при заселении новых или освобожденных субстратов (Михайлова, 2000). В связи с этим проверке подвергалось опасение, что усиленная эксплуатация сообществ *L. digitata* может привести к замещению вида *L. digitata* более быстро растущим видом *L. saccharina*.

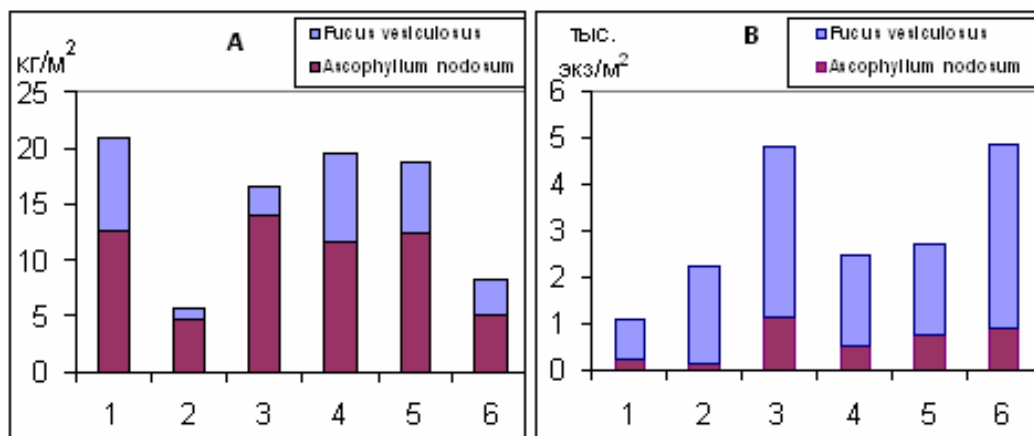


Рис. 1. Биомасса (А) и плотность поселения (Б) фукоидов I категории до и после 50%-го изъятия. По оси абсцисс – время отбора проб: 1 – 1999 г. до кошения; 2 – 2000 г.; 3 – 2001 г.; 4 – 2002 г.; 5 – 2003 г. до кошения; 6 – 2004 г.

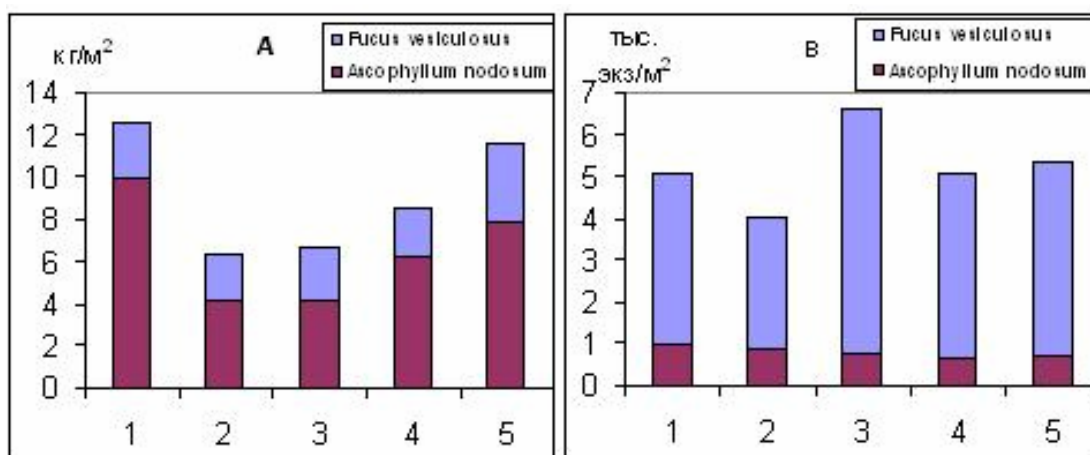


Рис. 2. Биомасса (А) и плотность поселения (Б) фукоидов II категории до и после 35%-го изъятия
По оси абсцисс – время отбора проб: 1 – 2001 г. до кошения; 2 – 2001 г. после кошения; 3 – 2002 г.; 4 – 2003 г.; 5 – 2004 г.

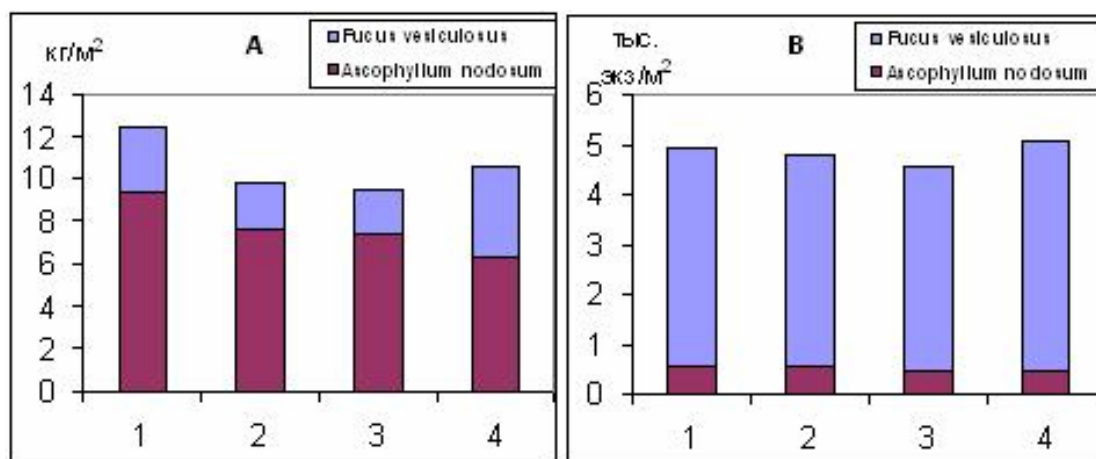


Рис. 3. Биомасса (А) и плотность поселения (Б) фукоидов III категории до и после 15%-го изъятия
По оси абсцисс – время отбора проб: 1 – 2002 г. до кошения; 2 – 2002 г. после кошения; 3 – 2003 г.; 4 – 2004 г.

Таблица 1. Изменение биомассы на крупных полигонах в зарослях II категории после 25% изъятия серпом (западная часть о. Соловецкий)

Параметры	2001 г.	2001 г. сразу после 25%-го изъятия	2002 г.	2003 г.	2003 г. сразу после второго 25%-го изъятия	2004 г.
Запас, кг	2820	-	-	2625	-	-
Ср. б/м, кг/м²	9,4	6,7	9,45	8,75	7,2	9,65
Изъято, кг	705	-	-	656	-	-

Таблица 2. Изменение биомассы на крупных полигонах в зарослях II категории после 25% изъятия косой (северная часть о. Соловецкий)

Параметры	2002 г.	2002 г. сразу после 25%-го изъятия	2003 г.	2004 г.
Запас, кг	5200	-	-	-
Ср. б/м, кг/м²	10,4	7,5	8,1	10,25
Изъято, кг	1300	-	-	-

Однако данные, полученные в зарослях I категории, показали высокую резистентность вида *L. digitata* к промысловому воздействию методом скашивания. Через 1 год после кошения 50 % от запаса общая биомасса водорослей полностью восстанавливается (Рис. 5). Отмечается некоторое изменение соотношения видов в сторону усиления вида *L. saccharina* (по биомассе и плотности поселения). Тем не менее, это изменение обратимо, а при условии добычи 1 раз в 2 года видовое соотношение за такой период практически восстанавливается.

На восстановление влияет не только степень промыслового воздействия, но и погодные условия, сопровождающие этот процесс. На площадке с 30 %-ным изъятием эксперимент проводился дважды. В 2002 г., т.е. через 1 год после первого кошения, биомасса и плотность полностью не восстанавливаются. Тем не менее, после повторного кошения биомасса через год восстанавливается до исходной величины (до значения перед началом эксперимента), а плотность превышает исходную (Рис. 6).

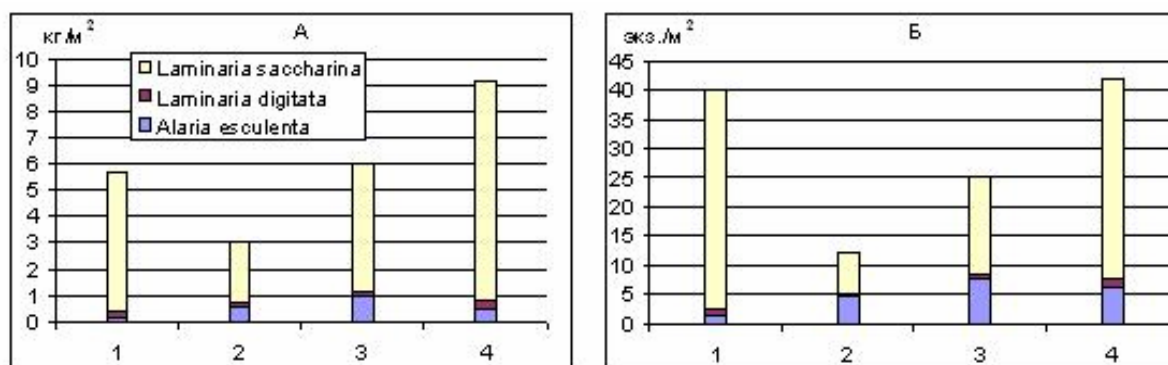


Рис. 4. Биомасса (А) и плотность поселения (Б) ламинариевых в фитоценозе *Laminaria saccharina* при изъятии 50 % от запаса водорослей

По оси абсцисс - время отбора проб: 1 - 2002 г. до промысла; 2 - 2002 г. после промысла; 3 - 2003 г.; 4 - 2004 г.

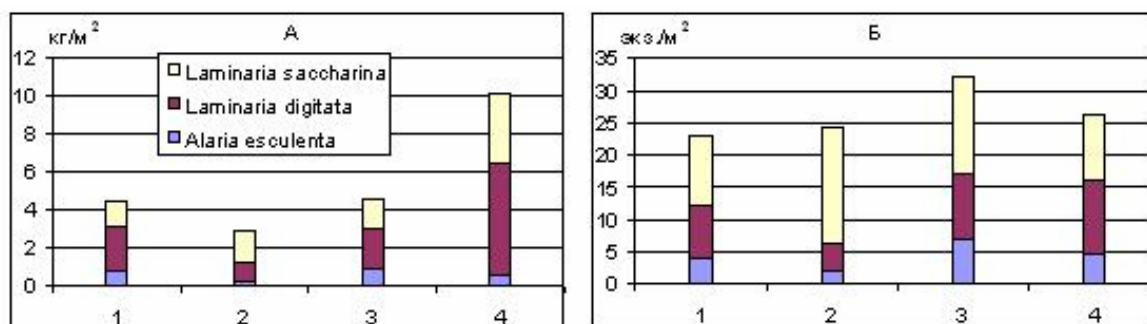


Рис. 5. Биомасса (А) и плотность поселения (Б) ламинариевых в фитоценозе *Laminaria digitata* при изъятии 50 % от запаса водорослей.

По оси абсцисс - время отбора проб: 1 - 2002 г. до промысла; 2 - 2002 г. после промысла; 3 - 2003 г.; 4 - 2004 г.

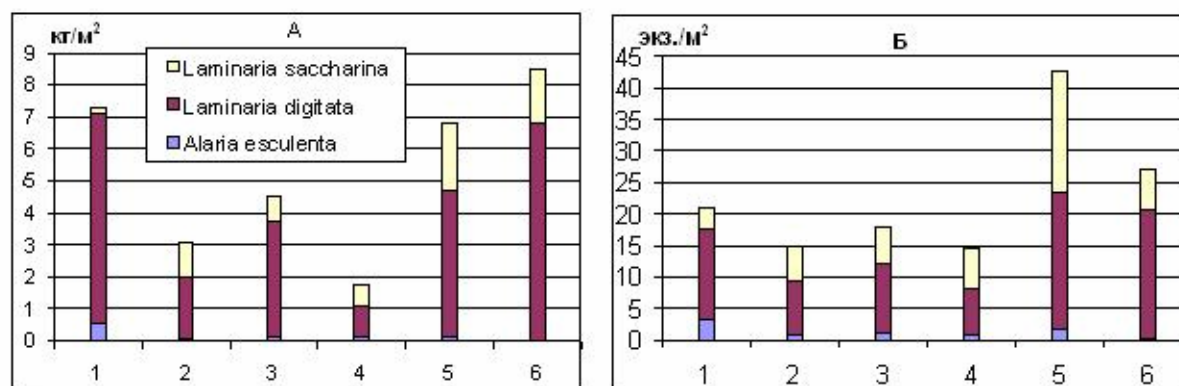


Рис. 6. Биомасса (А) и плотность поселения (Б) ламинариевых в фитоценозе *Laminaria digitata* при изъятии 30 % от запаса водорослей

По оси абсцисс - время отбора проб: 1 - 2001 г. до промысла; 2 - 2001 г. после промысла; 3 - 2002 г. до промысла; 4 - 2002 г. после промысла; 5 - 2003 г.; 6 - 2004 г.

Во всех экспериментах при режиме промысла 1 раз в 2 года отмечено даже увеличение биомассы водорослей через 2 года после кошения, что обеспечивается усилением роста молодых растений после удаления полога крупных водорослей (Рис. 4-6).

Выводы

1. Скорость восстановления сообществ фукусовых водорослей зависит от категории зарослей и доли изъятия водорослей. В зарослях I категории при изъятии 50 % от запаса и в зарослях II категории при изъятии 35 % от запаса сообщества восстанавливаются через 3 года. В зарослях II категории при изъятии 25 % от запаса и в зарослях III категории при изъятии 15 % от запаса сообщества восстанавливаются за 2 года.

2. Промысел фукоидов не нарушает видовой структуры их сообществ.

3. В сообществах ламинариевых водорослей из зарослей I категории, подвергающихся ручному

промыслу, превышение допустимого объема изъятия в пределах 50 % от запаса не приводит к серьезным негативным последствиям. Возможное снижение биомассы и изменение в соотношении видов возвращается к исходным величинам через 2 года.

4. Изъятие ламинариевых водорослей в соответствии с допустимыми объемами позволяет организовывать ежегодную добычу.

Литература

- Михайлова Т.А. 2000. Формирование ламинариевых фитоценозов на внесенном каменистом субстрате в Белом море // Бот. журн. Т.85, № 9. С. 88-103.
- Мохова О.Н. 2003. Изменения в сообществах беломорских фукоидов при различных объемах изъятия // Материалы отчетной сессии Северного отделения ПИНРО по итогам научно-исследовательских работ 2001-2002 гг. Архангельск. С. 326-338.

Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря.
Материалы IX международной конференции
11-14 октября 2004 г., Петрозаводск, Карелия, Россия
Петрозаводск, 2005. С. 239-243.

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА НА ВОДОСБОРЕ БЕЛОГО МОРЯ

Л.Е. НАЗАРОВА

Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН, Петрозаводск

В результате статистического анализа данных метеорологических наблюдений, проводившихся в районе Карельского побережья Белого моря в период с 1950 по 2000 г., были выявлены изменения климатических условий региона. В соответствии с результатами моделирования на модели ECHAM4/OPYC3 в изучаемом районе во второй половине XXI века возможны заметные изменения климатического и гидрологического режима.

L.E. Nazarova. Climate changes on the White Sea watershed // The study, sustainable use and conservation of natural resources of the White Sea. Proceedings of the IXth International Conference, October, 11-14, 2004. Petrozavodsk, Karelia, Russia. Petrozavodsk, 2005. P. 239-243.

As a result of the statistical analysis of the meteorological data for the White Sea region for the period 1950-2000 noticeable changes were detected. Numerical experiments on the ECHAM-4/OPYC3 model show changes in the climate and hydrological regime. Obtained results allow assuming that in Karelia during the 2000-2050 period slow changes in the landscape ecosystems may start.

В последние годы проблема изменения климата вызывает особый интерес у специалистов из разных областей науки и техники, особенно в связи с выявленным заметным повышением температуры воздуха (глобальным потеплением). Однако, наблюдаемое потепление весьма неоднородно в пространстве. На уровне регионов обнаруживается существенно более серьезная пространственная и временная неоднородность в тенденциях изменений климата по сравнению с изменениями в пространственных масштабах полушарий и земного шара.

Средняя годовая температура воздуха в районе Карельского побережья Белого моря колеблется от $-0,4^{\circ}\text{C}$ в северной части до $1,3^{\circ}\text{C}$ в южной. Самый холодный месяц года – январь ($-10,1...-12,8^{\circ}\text{C}$). В отдельные годы минимальные годовые температуры воздуха могут отмечаться в любой из зимних месяцев. Так понижение температуры до -47°C , отмеченное на метеорологической станции (МС) Колежма, было зарегистрировано в феврале (1946 г.).

Самым теплым месяцем в году является июль, со средней месячной температурой воздуха $13,9-14,7^{\circ}\text{C}$. Абсолютный максимум температуры воздуха составляет $+35^{\circ}\text{C}$ (МС Колежма, Кемь). Годовая амплитуда температуры воздуха в рассматриваемом районе $24-27^{\circ}\text{C}$.

Региональные изменения приземной температуры воздуха в исследуемом районе не отражают положительные тенденции изменения глобальной температуры. На рис. 1 показан временной ход средней годовой температуры воздуха по данным метеорологических станций Зашеек (Мурманская обл.), Лоухи и Колежма. Очень слабая тенденция к потеплению ($0,1^{\circ}\text{C}/60$ лет) отмечается в Колежме, в

остальных пунктах наблюдений тренд изменения температуры воздуха отрицателен.

Оценка направленных изменений приземной температуры воздуха по месяцам позволила сделать вывод, что наиболее четко положительный линейный тренд средней месячной температуры выражен в марте и составляет на разных станциях Карелии от $3,1$ до $5,1^{\circ}\text{C}$ за 50 лет. Причем только в этом месяце он значим по критерию Стьюдента на 95%-ном уровне на всех станциях. Апрель теплеет существенно медленнее, чем март (от $0,5$ до $2,1^{\circ}\text{C}/50$ лет). Тенденции эти статистически незначимы, но также отмечаются на всех станциях. Рост значений температуры воздуха весной приводит к более раннему наступлению периода с температурами выше $0, 5$ и 10°C и увеличению продолжительности теплого и вегетационного периодов, причем наиболее существенные изменения коснулись дат весеннего перехода через 0°C .

Тенденции к потеплению за период с 1951 по 2000 гг. наблюдаются с января по май. В летний период и значительную часть осеннего сезона изменения температуры разнонаправленны и малы по абсолютной величине (меньше $1,7^{\circ}\text{C}/50$ лет). К ноябрю они сменяются тенденцией к похолоданию на $0,4-1,1^{\circ}\text{C}/50$ лет практически на всей территории региона. Следует обратить внимание на явное преобладание положительных тенденций (увеличение температуры воздуха) в годовом ходе.

Анализ сезонных температур воздуха по метеорологическим станциям, расположенным на севере европейской территории России, позволил сделать вывод, что для различных районов исследуемой территории тенденции изменения температуры различны

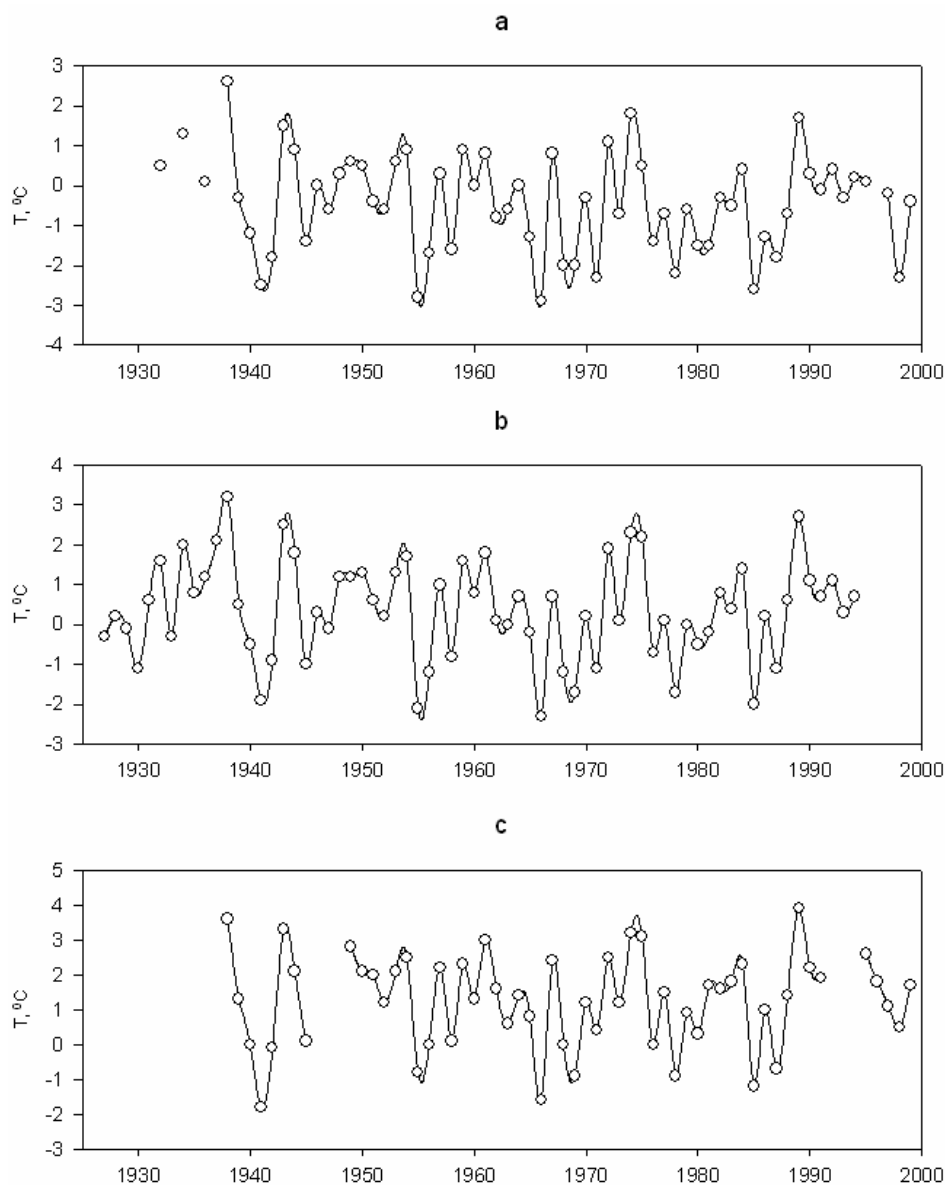


Рис. 1. Значения среднегодовой температуры воздуха для МС Зашеек (а), Лоухи (в) и Колежма (с) за периоды инструментальных наблюдений

для одних и тех же сезонов года. Только весенняя температура воздуха имеет положительные тренды (до $+3.5^{\circ}\text{C}/100$ лет) по всей изучаемой территории. Для остальных сезонов районы с положительными значениями трендов расположены, в основном, в южной части региона вблизи крупнейших озер Европы – Ладжского и Онежского.

Сравнительный анализ показывает, что на территории Кольского полуострова потепление более заметно по сравнению с Карелией. Например, за период 1880-1999 гг. в Мурманске (69°с.ш.) линейный тренд годовой температуры воздуха равен $+0.8^{\circ}\text{C}$ за 100 лет, в то время как в Петрозаводске (62°с.ш.) за этот же период – только $+0.17^{\circ}\text{C}$.

Важным метеорологическим элементом являются атмосферные осадки. Однако оценки, касаю-

щиеся изменений количества осадков, существенно менее надежны, чем аналогичные оценки для температуры воздуха. Это вызвано как трудностями непосредственно инструментальных измерений (в особенности, твердых осадков в зимний период), так и неоднородностью рядов наблюдений на метеорологических станциях, связанных с изменениями наблюдательной практики. Режим осадков рассматриваемого региона может быть представлен следующим образом. При переходе от высоких к более умеренным широтам осадки, как правило, увеличиваются, т.е. в их пространственном распределении можно выделить определенную зональность. Внутри года количество выпадающих осадков распределено неравномерно. Наибольшее количество осадков выпадает в период с июня по октябрь – 280-

320 мм, что составляет приблизительно 60% годовой суммы. Наименьшие суммы осадков характерны для февраля-марта (17-26 мм за каждый месяц). Вообще в течение теплого периода (апрель-октябрь) в рассматриваемом районе выпадает 71-75% годового количества осадков. В среднем за год жидкие осадки составляют 55-65%, твердые – 20-30%, смешанные – 13-18%.

Анализ изменений количества осадков в Карелии за период 1951-2000 гг. позволяет сделать вывод о том, что, несмотря на разнонаправленность линейных трендов месячных сумм осадков в течение года, наблюдается рост годовых сумм осадков для всех районов республики во второй половине XX века. Тенденция к увеличению количества осадков отмечается на всех станциях в период с октября по апрель. С мая по сентябрь по метеостанциям в различных районах Карелии отмечается как увеличение, так и уменьшение сумм осадков за месяц.

На распределение осадков большое влияние оказывают орографические особенности местности и характер подстилающей поверхности, ведущие к нарушению плавного хода изменения количества выпадающих осадков. В районе побережья Белого моря в границах Карелии отмечаются наименьшие в республике годовые суммы осадков (500-550 мм). Равнинная, покатая к Белому морю территория побережья в средней и северной части покрыта огромными массивами болот, открыта для воздействия ветров на значительные расстояния, вплоть до возвышенностей западной Карелии. При таких условиях рельефа влияние Белого моря сказывается здесь в смягчении среднегодовых температур воздуха, а также в создании минимума осадков в северной приморской полосе. Летом Белое море холоднее суши, и воздух, поступающий с моря на сушу, нагревается и при этом не только не выделяет свою влагу, а наоборот поглощает образовавшуюся на суше влагу.

Для оценки возможных изменений основных характеристик климата исследуемой территории были использованы данные численной модели глобальной циркуляции атмосферы, разработанной в Метеорологическом институте Макса Планка, Германия. Расчеты по модели были проведены за период 1850-1990 гг. (контрольный период для сопоставления модельных и инструментальных данных как по регионам, так и для всего Земного шара), а также на перспективу (2000-2100 гг.) по двум сценариям изменения климата. В качестве сценариев использовались оценки возможного изменения (увеличения) парниковых газов. В первом случае (сценарий G) предполагается удвоение содержания углекислого и других парниковых газов в атмосфере Земли на период 2000-2100 гг., во втором (GA) сценарии дополнительно учитывается увеличение аэрозолей техногенного происхождения.

Для оценки соответствия данных наблюдений и модельных данных месячных и годовых осадков и температуры воздуха, полученных для отдельных

метеостанций, было проведено сравнение с данными в наиболее близко расположенных узлах модели. Анализ измеренных и модельных данных для отдельных станций показал хорошее соответствие среднемесячных значений температуры воздуха, однако для месячных сумм осадков связь неудовлетворительна.

Для оценки возможных климатических изменений для Карелии и Кольского полуострова рассматривались основные статистические характеристики (норма, максимум и минимум температуры воздуха и осадков, линейные тренды), которые сравнивались с аналогичными характеристиками современного климата. Анализ этих данных показывает, что общая тенденция увеличения годовых температуры воздуха и осадков будет сохраняться при новых климатических условиях.

В соответствии с результатами моделирования на модели ЕСНАМ4/ОРУС3 в изучаемом регионе возможны заметные изменения климатического режима. В новых климатических условиях возможно смещение годовых изотерм и изогет в северном направлении (Рис. 2 и 3). Для Кольского полуострова по обоим сценариям климатическая норма годовой температуры воздуха может увеличиться от -0,7 до 0,2°C, годовые суммы осадков в средних многолетних значениях возрастут от 460 до 482-486 мм.

Аналогичные изменения возможны и в Карелии: рост годовой температуры воздуха от 1,6 до 2,7-3,0°C, увеличение годовых сумм осадков от 582 до 610-635 мм. В настоящее время наиболее значительные положительные тренды температуры воздуха отмечены в весенние сезоны по всей изучаемой территории, в то время как в будущем по обоим сценариям наибольшие положительные тренды будут характерны для зимних сезонов (декабрь-февраль). Для новых климатических условий характерно будет увеличение годовых амплитуд температуры воздуха.

Значение годовой амплитуды воздуха используются для определения степени континентальности климата. Континентальность климата это совокупность характерных особенностей климата, определяемых воздействием материка на процессы климатообразования. Величина годовой амплитуды температуры воздуха возрастает с удалением вглубь материка. В основе большей части попыток количественного выражения континентальности климата лежит представление ее в виде той или иной функции от годовой амплитуды температуры воздуха. Известно около 20 вариантов вычисления индекса континентальности (ИК), предложенных разными авторами.

Для территории Карелии были рассчитаны индексы континентальности климата Горчинского по данным за период 1951-2000 гг. для всех станций наблюдения. Величины ИК в основном составляют 25-30%, что свидетельствует о наличии у климатических условий на территории республики черт

морского климата. Лишь в юго-восточных районах Карелии значения ИК возрастают до 34-35 %. На основании полученных результатов была построена карта-схема расположения районов с переходным и континентальным климатом в настоящее время по данным за последние 50 лет и при возможных климатических изменения в регионе согласно сценариям изменения климата до 2050 г (Рис. 4).

По рис. 4. можно проследить возрастание степени континентальности климата по мере удаления в глубь материка в настоящее время. Над крупными озерами ИК имеют наименьшие значения: 21,7% -

Валаам (Ладожское озеро), 28,5% – Василисин, 28,7% - Маячный (Онежское озеро).

Рассчитанные по методу Горчинского индексы континентальности показывают, что в новых климатических условиях континентальность климата Карелии возрастет. Переходный к морскому климат сохранится лишь в районах, прилегающих к крупным водоемам (Белому морю и Ладожскому озеру). Причем, поскольку годовые амплитуды температуры воздуха увеличатся менее значительно по сценарию Tg , то и области, где сохранится переходный к морскому климат (индекс континентальности менее 34 %) будут более обширны по этому сценарию.

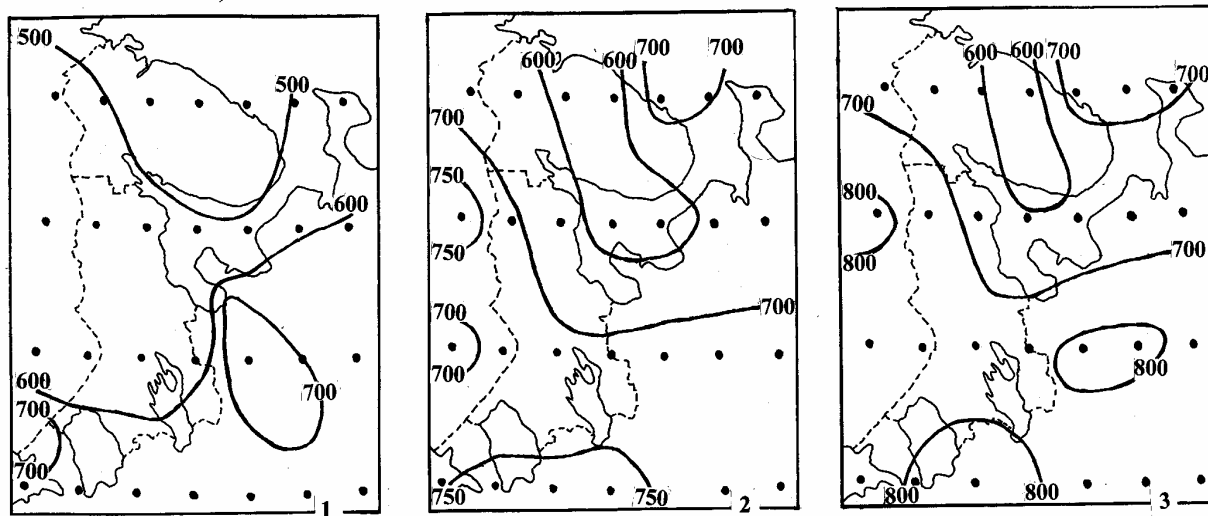


Рис. 2. Пространственное распределение нормы годового количества осадков для периода 1950-2000 гг (1) и 2000-2050 гг. по сценариям GA (2) и G (3) соответственно

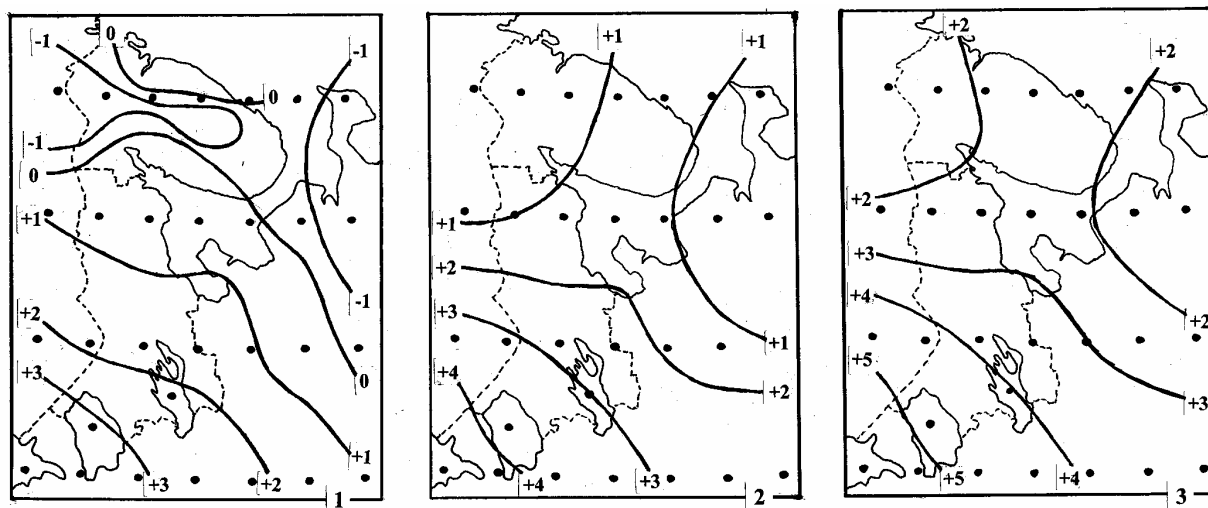


Рис. 3. Пространственное распределение нормы годовой температуры воздуха для периода 1950-2000 гг. (1) и 2000-2050 гг. по сценариям GA (2) и G (3) соответственно

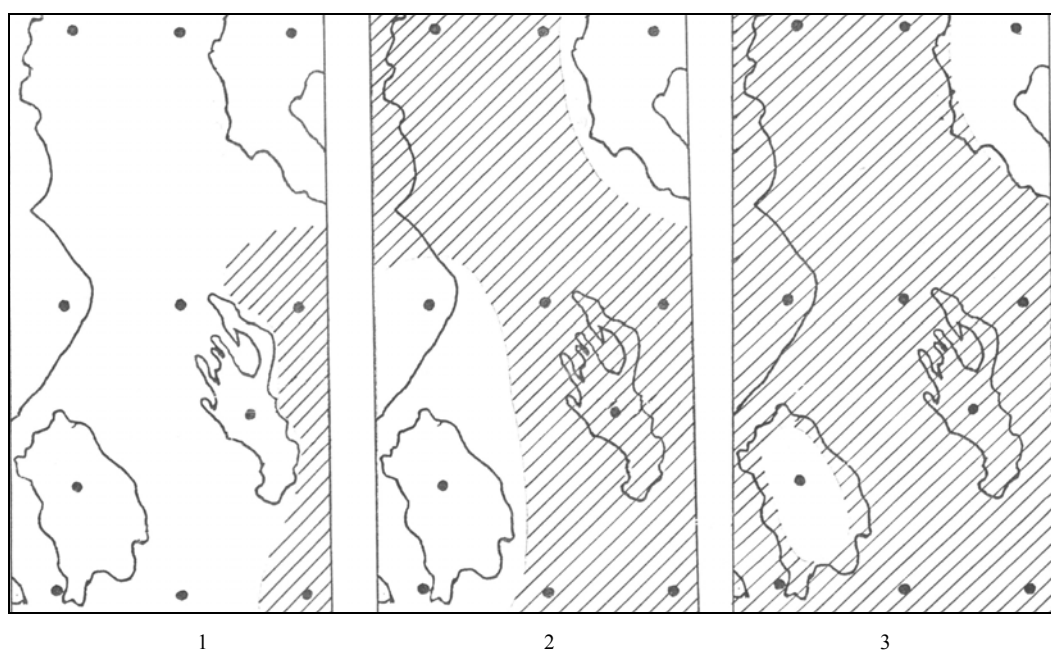


Рис. 4. Районы Карелии с переходным и континентальным (заштриховано) климатом за период 1951-2000 гг.(1), и возможным климатом при потеплении по сценарию G (2), Ga (3)