

СОСУЩЕСТВОВАНИЕ ЧЕРНОМОРСКИХ И ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ В ФИТОПЛАНКТОНЕ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ. АНАЛИЗ ГИПОТЕЗ ВСЕЛЕНИЯ

© 2011 Силкин В.А.¹, Абакумов А.И.², Паутова Л.А.³, Микаэлян А.С.³,
Часовников В.К.¹, Лукашева Т.А.¹

¹ Южное отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН;
vsilkin@mail.ru

² Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН, Владивосток, 690041;
abakumov@iacp.dvo.ru

³ Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, 177998;
larisapautova@yahoo.com

Поступила в редакцию 03.01.2011

В весенний и раннелетний период 2005 г. в фитопланктоне северо-восточной части Черного моря отмечен ранее не встречавшийся вид диатомовой водоросли *Chaetoceros trondsenii*. В экспериментах с добавками азота и фосфора определены параметры созданной модели динамики видов фитопланктона в верхнем перемешанном слое. Вычислительные эксперименты показали, что для закрепления чужеродного вида в экосистеме Черного моря необходима повышенная устойчивость водного столба (скорость обмена среды в верхнем перемешанном слое ниже 0.1 сут^{-1}), относительно высокие начальная (ко времени формирования остроградиентного сезонного термоклина) численность этого вида и низкие концентрации азота и фосфора на границе термоклина. При дискриминации двух гипотез вселения чужеродного вида (перенос с балластными водами и повышенная интрузия средиземноморских вод) предпочтительным является механизм вселения через Босфор в период зимней интенсификации нижнебосфорского течения.

Ключевые слова: фитопланктон, инвазии, модель, азот, фосфор, Черное море.

Введение

Биоинвазии – одна из прямых угроз экологической безопасности морей. Особенно остра эта проблема для внутренних морей, экосистемы которых наиболее чувствительны к вселению чужеродных организмов. Наглядным примером могут служить экологические последствия вселения желетелых организмов в Черное море в 1980–1990-х гг. [Шиганова, 2009].

В современном мире с высокоразвитыми морскими коммуникациями перенос видов-вселенцев не представляется маловероятным, этот процесс происходит постоянно, но не все перенесенные виды закрепляются в экосистеме. Прогнозирование поведе-

ния чужеродных видов в новых водоемах – весьма трудоемкая и часто неблагоприятная задача, требующая концентрирования большого объема знаний, как о виде-вселенце, так и об экосистеме – вероятном реципиенте этого вида. Надежных методов прогнозирования не существует. Одним из методов прогноза может служить математическое моделирование процессов внедрения новых видов и их развития в новом биотопе, подверженном влиянию сезонных и межгодовых флуктуаций факторов среды, а также антропогенного стресса.

В настоящем исследовании сделана попытка описать развитие новых для Черного моря видов фитопланктона и

с помощью вычислительных экспериментов понять основные механизмы внедрения чужеродных видов и их закрепления в экосистеме. Кроме того, в работе делается попытка анализа гипотез вселения видов. В частности для Черного моря вероятны три гипотезы:

1. Гипотеза балластных вод, когда инициатором развития чужеродного вида фитопланктона является занос организмов судами.
2. Повышенная интрузия средиземноморских вод с содержащимися в них видами фитопланктона.
3. Эти виды всегда присутствовали в водоеме, но только в количествах, которые не поддаются учету современными методами взятия проб и анализа материала.

Действительно, применяемые методы (как осаднения, так и обратной фильтрации) редко оперируют объемами свыше 3 л, и концентрация в количестве 1 клетки на 3 литра имеет малую вероятность быть зарегистрированной. Однако многолетняя практика полевых исследований значительно повышает эту вероятность, и вид, зарегистрированный однажды, приводится в списках видов для Черного моря. Кроме того, для моря характерен широкий спектр условий окружающей среды от уровня эвтрофных вод в северо-западной части до олиготрофных в восточной части, что дает большую возможность виду закрепиться и, как следствие, быть замеченным. Поэтому третья гипотеза остается за пределами нашего анализа.

В пользу первой гипотезы говорит то, что Черное море, в котором находятся крупнейшие для Европы порты, используется для интенсивной перевозки грузов. К примеру, пропускная способность Новороссийского порта составляет 5000 судов в год или около 100 млн т груза [Селифонова, 2010]. Общий объем сброшенного водяного балласта приближается к 50 млн т. Около 62% объема этих вод приходится на страны

Средиземноморья. Поэтому при непротиворечивости первой гипотезы основным донором для чужеродных видов в последние годы следует считать Средиземное море.

Гипотеза проникновения средиземноморских представителей флоры и фауны с водами из Мраморного моря через пролив Босфор не нова, она рассматривается с середины прошлого века [Богданова, Шмелева, 1967]. Процесс проникновения, названный медитерранизацией, происходит непрерывно. Действительно, объемы вод, поступающих в Черное море из пролива Босфор, значительны. По разным оценкам, они колеблются от 123 до 312 км³ в год [Esin et al., 2010]. В проливе Босфор существуют два течения: верхнебосфорское, направленное из Черного моря в Мраморное, с водами пониженной солености и нижнебосфорское противоположной направленности с водами повышенной солености. Положение границы между ними зависит от направленности и интенсивности ветра [Богданова, Толмазин, 1967]. При северных и северо-восточных ветрах (средняя повторяемость их в году равна 52%) верхнебосфорское течение достигает максимума, нижнебосфорское – минимума. При южных и юго-западных ветрах (средняя повторяемость – 29%) наблюдается обратная ситуация. Наиболее благоприятным временем для проникновения планктона из Мраморного в Черное море является осень и зима, с максимумами южных и юго-западных ветров [Богданова, Шмелева, 1967]. В летний период вероятность попадания средиземноморских видов существенно снижается.

Особенности циркуляции вод в Черном море

Черное море характеризуется наличием Основного Черноморского течения (ОЧТ) циклонического типа, внешняя граница которого располагается на континентальном склоне, и существованием двух

циклонических круговоротов в западной и восточной частях моря. Ширина ОЧТ на поверхности составляет 40–80 км, а скорость от 40 до 100 см/с [Блатов, Иванов, 1992]. В прибрежной зоне и в центральной части моря образуются антициклонические мезомасштабные вихри с высокой скоростью на поверхности [Гинзбург и др., 2008].

Модель

В основу модели положена гипотеза о том, что смена доминирующих видов является следствием изменения

концентрации лимитирующих рост элементов питания или их соотношения. Процесс регуляции ростовых характеристик водорослей осуществляется на двух уровнях.

1. Скорость поглощения элемента питания i -ым видом регулируется концентрацией j -го элемента C_j в среде в соответствии с уравнением Михаэлиса-Ментен:

$$u_{ij}(C_j) = u_{ij}^m \frac{C_j}{K_{ij} + C_j}$$

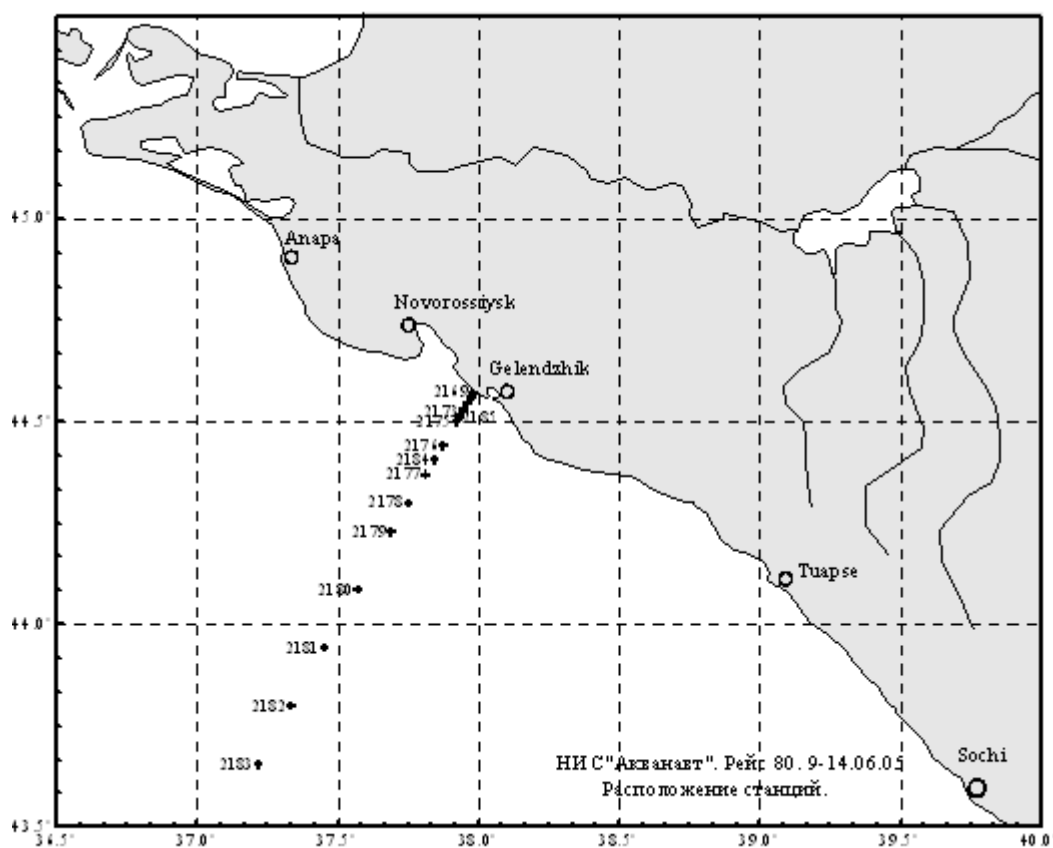


Рис. 1. Расположение станций в 80-м рейсе НИС «Акванавт» 9–14 июня 2005 г.

2. Скорость роста i -го вида определяется содержанием j -го элемента в биомассе и выражается уравнением Друпа [Droop, 1974]:

$$m_{ij} = m_{ij}^m \left(1 - \frac{q_{ij}}{Q_{ij}} \right),$$

где: v_{ij} , v_{ij}^m – удельная и максимально удельная скорость поглощения элемента; μ_{ij} и μ_{ij}^m – удельная и максимально удельная скорость роста (сут^{-1}); K_{ij} – константа полунасыщения для процесса поглощения (г/м^3); Q_{ij} и q_{ij} – текущее содержание элемента в биомассе и минимальное его содержание, которое наблюдается при удельной скорости роста, равной

0 (г/г сырого веса). Если принять верхний квазиоднородный слой как относительно изолированную систему, отрезанную от нижних слоев сезонным термоклином, система уравнений для

численности N_i (или биомассы) видов и концентрации основных элементов минерального питания C_i будет иметь вид:

$$\begin{cases} \frac{dN_i}{dt} = \left[\min_j m_{ij}(Q_{ij}) - D \right] N_i \\ \frac{dC_i}{dt} = D(C_{0j} - C_j) - \sum_i u_{ij}(C_j) N_i \\ \frac{dQ_{ij}}{dt} = u_{ij}(C_j) - Q_{ij} \min_j m_{ij}(Q_{ij}) \end{cases} \quad (1)$$

Через термоклин с определенной скоростью D происходит обмен водой с концентрацией элемента на входе C_{0j} . В целом модель аналогична модели, описывающей поведение популяций водорослей в хемостате [Силкин, Хайлов, 1988]. Модель (1) имеет конечное число асимптотически устойчивых равновесных решений, характеристики которых однозначно определяются параметрами системы уравнений (1), но не зависят от начальных концентраций веществ и фитопланктона. Но в зависимости от начальных концентраций веществ и фитопланктона решение в модели стремится к тому или иному из определяемых моделью состояний равновесия. В равновесном решении интересен, прежде всего, набор видов фитопланктона с ненулевыми концентрациями. Доминирующих видов должно быть не более, чем лимитирующих факторов, то есть в нашем случае – не более двух. Существенными параметрами, влияющими на набор доминирующих видов в равновесии, являются концентрации минеральных веществ во входном потоке. Их мы в первую очередь и варьируем, получая различные равновесные решения как асимптотические приближения из (неважно каких) начальных состояний. Еще одним существенным фактором является скорость протока D . В модели можно рассчитать скорость протока,

при которой определенные виды вымываются.

Вычислительные эксперименты с моделью (1) показали, что она успешно описывает динамику доминирующих видов фитопланктона северо-восточной части Черного моря. При низких концентрациях азота (менее 0.002 г/м^3) и низких скоростях обмена (менее 0.2 сут^{-1}) конкуренцию выигрывает кокколитофорида, что было отмечено нами весной и в начале лета 2004–2006 гг. При повышении концентрации азота в доминирующем комплексе появляется *Pseudonitzschia pseudelicatissima*. Дальнейшее повышение концентрации азота и фосфора приводит к лидерству диатомеи *Chaetoceros curvisetus*, что наблюдалось на шельфе в мае-июне 2007 г. Периодическое (один, два раза в две недели) ветроволновое перемешивание приводит к сложной сукцессионной картине в структуре фитопланктона: на первом этапе лидирует кокколитофорида, затем *Proboscia alata*, далее *P. pseudelicatissima*. Такая сукцессия отмечена нами весной и летом 2009 г. Повышение скорости обмена среды до 0.2 сут^{-1} при низких концентрациях азота и фосфора на входе приводит к полному разрушению структуры сообщества и практически полному исчезновению всех членов сообщества уже через 20 дней.

Рассмотрим возможности модели для выбора наиболее реалистичной из

рассмотренных гипотез на примере чужеродного средиземноморского вида *Chaetoceros trondsenii* в мае-июне 2005 г. в северо-восточной части Черного моря во время интенсивного развития (доходящего в некоторых точках моря до уровня цветения) коколитофориды *Emiliana huxleyi* (табл. 1). Эти данные получены во время 80-го рейса НИС «Акванавт» 9–14 июня 2005 г. на разрезе от Голубой бухты

(г. Геленджик) к центру моря (рис. 1). Диатомовый комплекс практически на всех станциях был представлен одним видом *C. trondsenii*, наибольшего развития он достигал на станциях 2168, 2169, 2170, 2172, 2186 (табл. 1, рис. 1). Кроме того, на станциях 2174, 2175 и 2177 отмечена диатомея *Pseudonitzschia pseudodelicatissima*, численность и биомасса которой были незначительными.

Таблица 1. Соотношение численности коколитофориды *Emiliana huxleyi* и чужеродного вида *Chaetoceros trondsenii* на станциях от Голубой бухты к центру моря 9–14 июня 2005 г. (80-й рейс НИС «Акванавт») на поверхности

Станция	<i>Chaetoceros trondsenii</i>		<i>Emiliana huxleyi</i>	
	численность	биомасса	численность	биомасса
	кл/л	мг/м ³	кл/л	мг/м ³
2168	144000	7.2	399600	71.9
2169	140000	7	263200	47.4
2170	192000	9.6	984000	177
2171	8000	0.4	1000000	183
2172	168000	8.4	944530	170
2173	6400	0.32	1248000	224.6
2174	12800	0.64	1190400	214.2
2175	32000	1.6	627200	112.9
2176	16000	0.8	299000	53.8
2177	29000	1.44	691200	124.4
2178	60000	3	592000	106.6
2179	19200	0.96	586670	105
2180	45000	2.24	1344000	241.9
2181	58000	2.88	1622400	292
2182	19200	0.96	554670	99.8
2183	5600	0.28	668270	119
2184	20000	1	424000	76.3
2185	6.4	0.32	512000	92.2
2186	120000	6	282000	50.8

Для этих водорослей в непрерывной культуре были оценены экспериментах с накопительной и параметры модели (табл. 2).

Таблица 2. Значения параметров модели для доминирующих видов фитопланктона

Коэффициент	Размерность	Вид водоросли		
		<i>Emiliana huxleyi</i>	<i>Pseudo-nitzschia pseudo-delicatissima</i>	<i>Chaetoceros trondsenii</i>
$\mu_{max} NO_3$	1/сут	1.92	2.70	1.8
$\mu_{max} PO_4$	1/сут	1.55	1.84	1.55
$v^m NO_3$	гN/(сут·г сырой биомассы)	0.00053	0.00108	0.00100
$v^m PO_4$	г/(сут·г сырой биомассы)	0.00450	0.01800	0.0036
$K NO_3$	г/м ³	0.0014	0.01	0.002
$K PO_4$	г/м ³	0.03600	0.01600	0.02000
q_N	г N/(г· сырой биомассы)	0.003	0.003	0.003
q_P	г P/(г· сырой биомассы)	0.00020	0.00020	0.00020

В экспериментах с моделью изменяли концентрацию азота и фосфора на входе, скорость обмена и начальную концентрацию элементов в среде.

При рассмотрении гипотезы балластных вод принимается, что сбрасывается около 10 000 т в сутки. Концентрация биомассы *Chaetoceros trondsenii* в воде, как для случая интрузии, так и для балластных вод равна максимальному значению, отмеченному во время полевых исследований в рейсе НИС «Акванавт» – 0.01 г/м³. Сброс балласта осуществляется в течение одних суток. В реальности время сброса изменяется от 18 ч до 3–4 сут. Принимаем, что балластные воды захватываются прибрежным антициклоническим вихрем, скорость течения которого в районе Новороссийска принимается 25 км/сут. При глубине залегания термоклина в мае, приблизительно 10 м

и ширине разноса около 4 км, концентрация клеток чужеродного вида уменьшается не менее чем на три порядка. При интрузии средиземноморских вод концентрация клеток изменяется не так значительно по причине большого объема водной массы, поступающей из Босфора. При попадании этой водной массы в струю ОЧТ и в случае движения по стрежню, время в пути до Новороссийска составляет не менее 50 дней при средней скорости ОЧТ 20 см/с.

Наблюдения в природе показывают, что чужеродный вид сосуществует с кокколитофоридой при острограничном термоклине. Время жизни такого термоклина не превышает 2 месяцев в весенний и раннелетний период. Таким образом, чужеродному виду необходимо закрепиться в экосистеме за время повышенной устойчивости водного столба.

Учитывая, что в мае и июне 2005 г. чужеродный вид длительно сосуществовал только с кокколитофоридой *E. huxleyi*, это состояние можно принять как стационарное. Исходя из классических представлений, для стационарного состояния открытой системы два вида должны иметь разные лимитирующие факторы [Абросов, Боголюбов, 1988]. Ранее было показано, что в весенний и раннелетний период

$$N_{cm} (\times 10^6 \text{ кл/л}) = 22.9 + 6.53X_1 + 8.53X_2 + 4.1X_1X_2 \quad (2.33)$$

где: X_1 – добавка азота, X_2 – добавка фосфора. В скобках указан доверительный интервал.

Одно из главных условий существования чужеродного вида – низкая скорость обмена в верхнем перемешанном слое. Предельная скорость обмена составляет 0.11 сут^{-1} . В случае интрузии средиземноморских вод вид может длительно существовать при достаточно высокой концентрации биомассы (рис 2), а при переносе с балластными водами его шансы закрепиться в экосистеме ничтожны (рис. 3).

Поскольку на некоторых станциях обнаружено присутствие диатомеи *Pseudonitzschia pseudodelicatissima*, в

рост кокколитофорид лимитируется фосфором, то естественно предположить, что рост инвазийного вида лимитируется другим фактором. Наши эксперименты с добавлением азота и фосфора дают все основания утверждать, что этим фактором является концентрация азота. Действительно в этих экспериментах получено уравнение регрессии, которое имеет вид:

модели начальные концентрации биомассы этой водоросли были отличны от нуля.

Наиболее вероятным будет внедрение *Chaetoceros trondsenii* при скорости обмена ниже 0.7 сут^{-1} . На рис. 4 представлена динамика видов при скорости обмена 0.06 сут^{-1} и при концентрации азота и фосфора на границе сезонного термоклина 5.4 и 1.6 мкг/л соответственно. И опять при интрузии вид-вселенец закрепляется в экосистеме, в то время как при балластном переносе эти возможности минимальны (рис. 5).

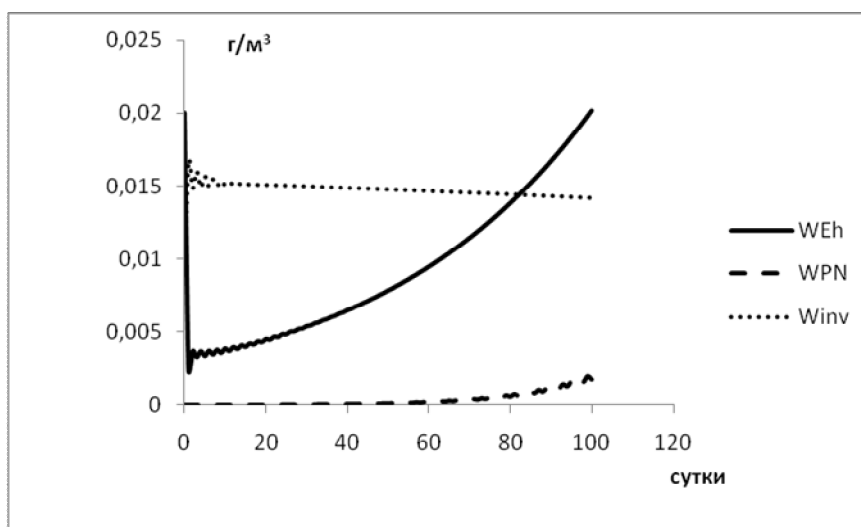


Рис. 2. Динамика биомассы кокколитофориды *Emiliana huxleyi* (WEh) и диатомовых водорослей *Pseudonitzschia pseudodelicatissima* (WPN), *Chaetoceros trondsenii* (Winv) при скорости обмена среды $D=0.11 \text{ сут}^{-1}$, концентрации азота 0.0054 г/м^3 и фосфоре 0.0016 г/м^3 на входе. Начальные биомассы *E. huxleyi* – 0.02 , *P. pseudodelicatissima* 0.000005 и *C. trondsenii* – 0.01 г/м^3 .

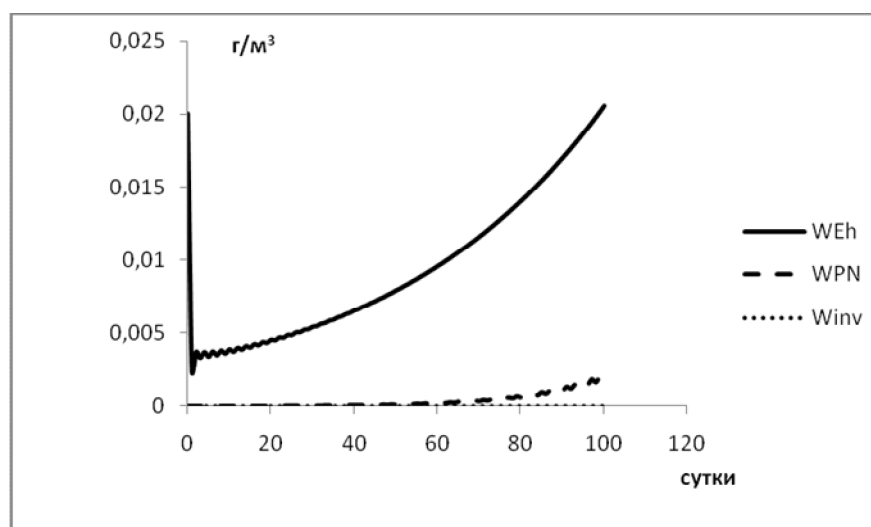


Рис. 3. Динамика биомассы кокколитофориды *Emiliana huxleyi* (WEh) и диатомовых водорослей *Pseudonitzschia pseudodelicatissima* (WPN), *Chaetoceros trondsenii* (Winv) при скорости обмена среды $D=0.11$ сут⁻¹, концентрации азота 0.0054 г/м³ и фосфоре 0.0016 г/м³ на входе. Начальные биомассы *E. huxleyi* – 0.02 , *P. pseudodelicatissima* 0.000005 и *C. trondsenii* – 0.0000001 г/м³.

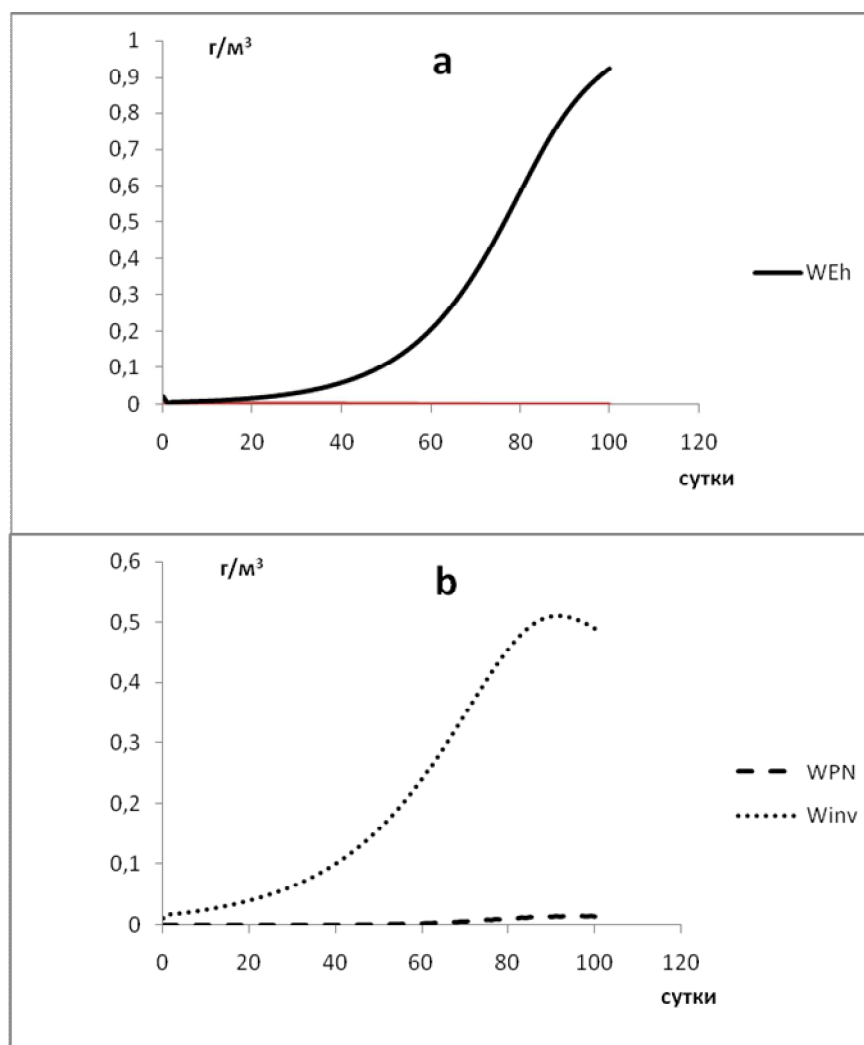


Рис. 4. Динамика биомассы: а – кокколитофориды *Emiliana huxleyi* (WEh) и б – диатомовых водорослей *Pseudonitzschia pseudodelicatissima* (WPN), *Chaetoceros trondsenii* (Winv) при скорости обмена среды $D=0.06$ сут⁻¹, концентрации азота 0.0054 г/м³ и фосфоре 0.0016 г/м³ на входе. Начальные биомассы *E. huxleyi* – 0.02 , *P. pseudodelicatissima* 0.000005 и *C. trondsenii* – 0.01 г/м³.

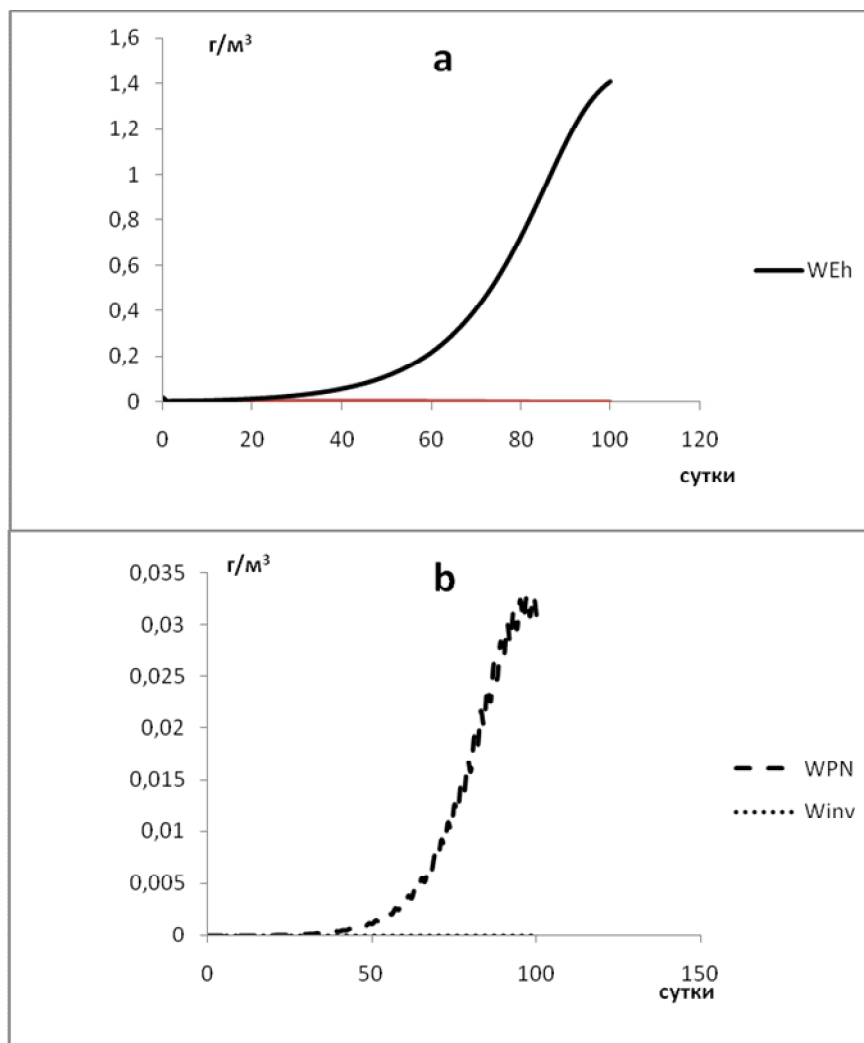


Рис. 5. Динамика биомассы а – кокколитофориды *Emiliana huxleyi* (WEh) и б – диатомовых водорослей *Pseudonitzschia pseudodelicatissima* (WPN), *Chaetoceros trondsenii* (Winv) при скорости обмена среды $D=0.06 \text{ сут}^{-1}$, концентрации азота 0.0054 г/м^3 и фосфоре 0.0016 г/м^3 на входе. Начальные биомассы *E. huxleyi* – 0.02 , *P. pseudodelicatissima* 0.000005 и *C. trondsenii* – 0.0000001 г/м^3 .

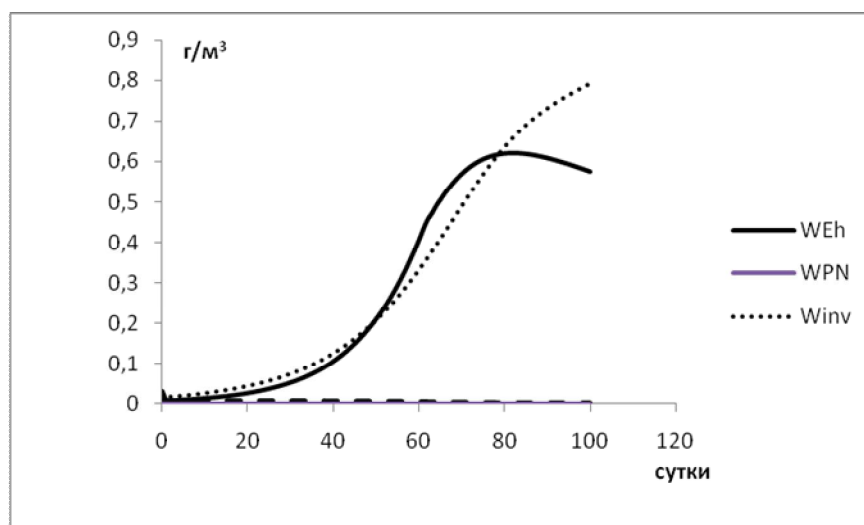


Рис. 6. Динамика биомассы кокколитофориды *Emiliana huxleyi* (WEh) и диатомовых водорослей *Pseudonitzschia pseudodelicatissima* (WPN), *Chaetoceros trondsenii* (Winv) при скорости обмена среды $D=0.06 \text{ сут}^{-1}$, концентрации азота 0.0068 г/м^3 и фосфоре 0.0006 г/м^3 на входе. Начальные биомассы *E. huxleyi* – 0.02 , *P. pseudodelicatissima* 0.000005 и *C. trondsenii* – 0.01 г/м^3 .

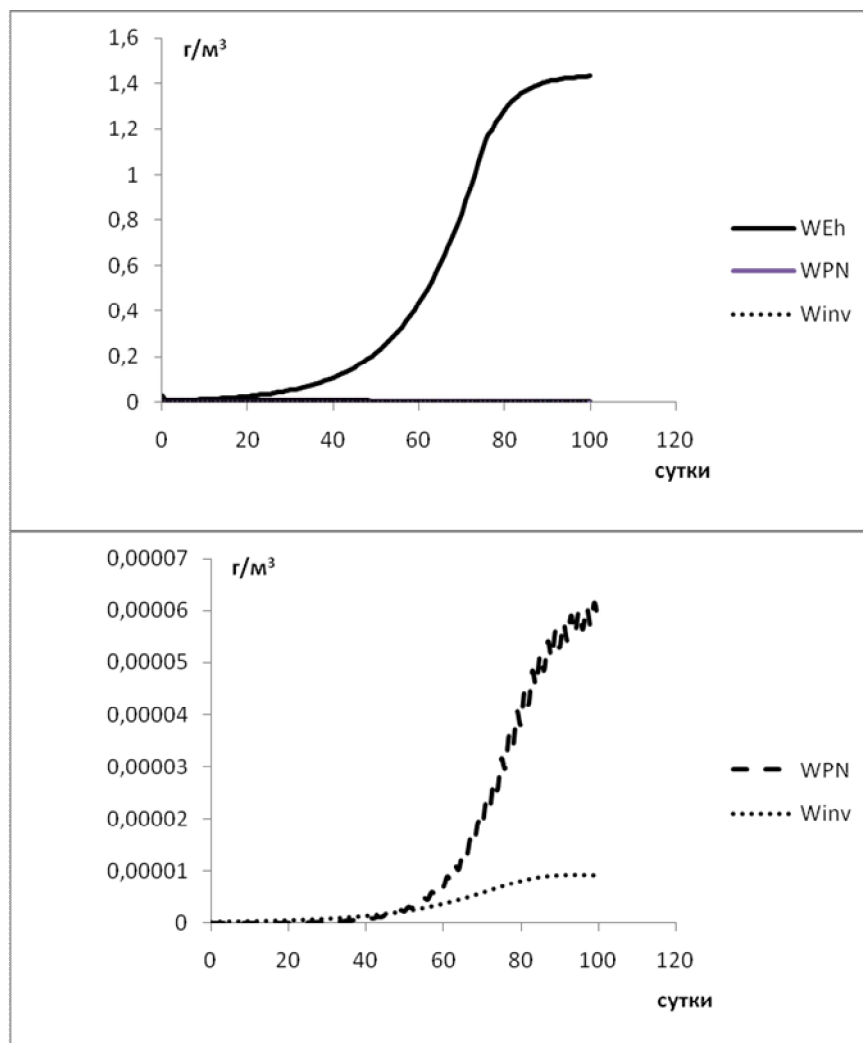


Рис. 7. Динамика биомассы кокколитофориды *Emiliana huxleyi* (WEh) и диатомовых водорослей *Pseudonitzschia pseudodelicatissima* (WPN), *Chaetoceros trondsenii* (Winv) при скорости обмена среды $D=0.06$ сут⁻¹, концентрации азота 0.0068 г/м³ и фосфоре 0.0006 г/м³ на входе. Начальные биомассы *E. huxleyi* – 0.02 , *P. pseudodelicatissima* 0.000005 и *C. trondsenii* – 0.0000001 г/м³.

Изменение соотношения азота и фосфора за счет снижения концентрации фосфора существенно расширяет зону совместного сосуществования кокколитофорид и чужеродного вида при интрузии средиземноморских вод (рис. 6), в то время как балластный перенос не позволяет набрать наблюдаемую в море численность клеток за время существования стабильного термоклина (рис. 7).

Таким образом, вычислительные эксперименты показали, что чужеродный вид *Chaetoceros trondsenii* закрепился в экосистеме Черного моря в 2005 г., когда были обеспечены ряд условий:

1. Повышенная устойчивость водного столба (скорость обмена среды в верхнем перемешанном слое ниже 0.1 сут⁻¹). При снижении скорости обмена численность чужеродного вида увеличивается.
2. Относительно высокие начальные (ко времени формирования остроградиентного сезонного термоклина) численности чужеродного вида.
3. Низкие концентрации азота и фосфора на границе термоклина. При этом соотношение азота и фосфора регулирует долю вселенца в системе чужеродный вид – кокколитофорид.

4. При обсуждении двух гипотез вселения чужеродного вида (перенос с балластными водами и повышенная интрузия средиземноморских вод) предпочтительным является механизм вселения через Босфор в период зимней интенсификации нижнебосфорского течения.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Краснодарского края (проект № 09-05-96512).

Литература

- Абросов Н.С., Боголюбов А.Г. Экологические и генетические закономерности сосуществования и коэволюции видов. Новосибирск: Наука, 1988. 333 с.
- Блатов А.С., Иванов В.А. Гидрология и гидродинамика шельфовой зоны Черного моря. Киев: Наукова думка, 1992. 242 с.
- Богданова А.К., Толмазин Д.М. О перемешивании верхнего и нижнего течения в Босфоре // В кн.: Динамика вод и вопросы гидрохимии моря. Киев: Наукова думка, 1967. С. 14–25.
- Богданова А.К., Шмелева А.А. Гидрологические условия проникновения средиземноморских видов планктона в Черное море // В кн.: Динамика вод и вопросы гидрохимии моря. Киев: Наукова думка, 1967. С. 156–166.
- Гинзбург А.И., Зацепин А.Г., Кременецкий В.В., Пиотух В.Б. Мезомасштабная динамика вод Черного моря // В кн.: Океанология на старте XXI века. М.: Наука, 2008. С. 11–42.
- Селифонова Ж.П. Контроль судовых балластных вод как метод предотвращения биологического загрязнения морской среды. Апатиты: Кольский научный центр РАН, 2010. 87 с.
- Силкин В.А., Хайлов К.М. Биоэкологические механизмы управления в аквакультуре. Л.: Наука, 1988. 230 с.
- Шиганова Т.А. Чужеродные виды в экосистемах южных внутренних морей Евразии: Автореферат дис. ... д-ра наук. 2009. 65 с.
- Droop M.R. The nutrient status of algal cells in continuous culture // J. Mar. Biol. Assoc. U. K. 1974. V. 54. P. 82
- Esin N.V., Yanko-Hombach V., Kukleva O.N. Mathematical model of late Pleistocene and Holocene transgressions of the Black Sea // Quaternary International. 2010. V. 225. P. 180–190.

CO-EXISTENCE OF NON-NATIVE AND THE BLACK SEA PHYTOPLANKTON SPECIES. INVASION HYPOTHESES DISCUSSION

© 2011 Silkin V.A.¹, Abakumov A.I.², Pautova L.A.³, Mikaelyan A.S.³, Chasovnikov V.K.¹, Lukashova T.A.¹

¹ Southern branch of the Institute of Oceanology of the Russian Academy of Science, Gelendjik, 353467, Gelendjik, E-mail: vsilkin@mail.ru

² Institute for Automation and Control Processes, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, 690041, E-mail: abakumov@iacp.dvo.ru

³ Institute of Oceanology of the Russian Academy of Science, Moscow, 1177998, E-mail: larisapautova@yahoo.com

In spring 2005 a new Mediterranean diatom species, *Chaetoceros trondsenii*, was marked in phytoplankton of the northeastern Black Sea. The parameters of created phytoplankton species dynamics model were determined in experiments with nitrogen and phosphorus supply. The computing experiments with the model have given the following results: for *Chaetoceros trondsenii* establishment in ecosystem an elevated stability of water column (water rate exchange in the upper mixed layer should be lower than 0.1 day^{-1}), relatively high initial number of this species and low values of nitrogen and phosphorus concentration on the boundary of seasonal thermocline are necessary. The hypothesis of the species introduction into the Black Sea by the raised intrusion of Mediterranean water in winter is more preferable than the hypothesis of the species releases with the ballast water.

Key words: phytoplankton, invasions, model, nitrogen, phosphorus, the Black Sea.