

гой стороны, имеющиеся отечественные разработки и доступность информации о зарубежном опыте позволят осуществить переход на качественно новый уровень использования информационно-коммуникационных технологий в управлении здравоохранением и оказании медицинской помощи.

Библиографический список

1. Уоткинс П. Дж. Сахарный диабет. – М., 2006.
2. Дедов И.И., Кураева Т.Л., Ремизов О.В., Петеркова В.А., Носиков В.В., Щербачёва Л.Н. Генетика сахарного диабета у детей и подростков: пособие для врачей. – М., 2003.
3. Концепция создания единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения: приказ Минздравсоцразвития России от 28.04.2011 № 364 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>.

УДК 502.7 + 577.4

Моделирование экосистем водохранилищ: от оценки состояния к прогнозу развития

Цхай А. А.^{1,2} Агейков В.Ю.²

¹АлтГУ, ²АлтГТУ им. И.И.Ползунова, г. Барнаул

Для оценки состояния экосистем водохранилищ Сибири и Дальнего Востока использовалась модель «Биоген», использующая контролируемые Государственной службой наблюдений показатели и воспроизводящая биогеохимические циклы трансформации соединений лимитирующих элементов: азота и фосфора [1, с. 718; 2, с. 261].

В модели использован набор данных наблюдений, включающий в себя стандартные показатели качества воды, такие как содержание O_2 , фитопланктона, минеральных форм N и P (рисунок 1).

Переменных C_i , динамика которых моделируется, - 13. Восемь из них относятся к водной среде ($i=1-8$), соответственно: $N-NH_4$, $N-NO_2$, $N-NO_3$, F – биомасса фитопланктона, D – взвешенные вещества, I – ортофосфатный фосфор, C – растворенные органические вещества, O_2 . Пять (при $i=9-13$) — к донным отложениям: C_B – органические вещества; фосфор и азот, соответственно, интерстициальные- P_B и N_B , сорбированные на твердой фазе - P_S и N_S .

В качестве математической модели в работе используются краевые задачи, имеющие вид законов сохранения массы воды и взаимодействующих в ней субстанций. Полная запись уравнений с численными значениями параметров всех использованных функциональных зависимостей от гидрологических переменных приведена в [1, с. 719].

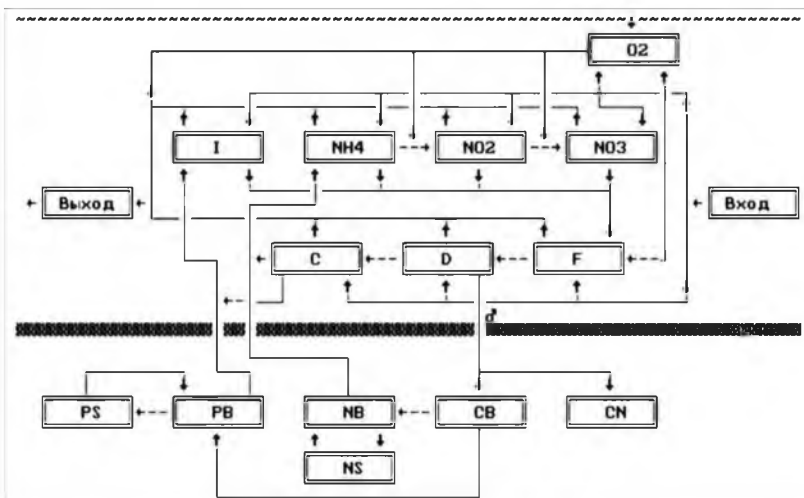


Рисунок 1 – Схема биохимической трансформации компонентов водной экосистемы, описываемая моделью «Биоген»

Неизвестные параметры модели «Биоген» определяются в пределах интервалов характерных значений минимизацией статистического критерия Тейла F, характеризующего отклонение расчетных значений от наблюдаемых для каждого из компонентов водной экосистемы. Результаты калибровки, в пределах 0,14-0,32, – удовлетворительны для экологических моделей (см, например, [1]).

Вместе с тем очевидны пределы применимости применяемого подхода. Любая экосистема в течение года неоднократно меняет свою структуру с точки зрения видового состава и уровня развития агрегированных звеньев трофической цепи. Тем более, очевидно, выходят за рамки изложенного подхода предсказания эффектов, связанных с вариантами развития сукцессии сообществ гидробионтов. Например, видовой состав доминирующих сообществ фитопланктона Новосибирского водохранилища, изученного в работе, меняется в течение года неоднократно. В апреле-мае преобладают *Cyclotella* и *Stephanodiscus*, к концу июня усиливается роль *Melosira granulata var. granulata*. Затем биомасса диатомовых резко падает, и они уступают место синезеле-

ным и зеленым водорослям. Со второй декады июля по сентябрь преобладающим видом фитопланктона становится *Aphanizomenon flos-aquae*, зимой — *Asterionella formosa*.

Для модификации традиционного подхода, основанного на воспроизведении биогеохимических циклов [1, с. 719] были использованы идеи структурно-динамического моделирования, сформировавшегося в конце прошлого 20-го века (например, [3, с. 1]). При этом вектором изменения биоразнообразия в экосистеме служит принцип естественного отбора Дарвина.

В приложении к рассматриваемым задачам – это означает учет изменения видового состава и уровня развития сообществ водорослей. Этот учет приводит к изменению значений коэффициентов физиологической активности фитопланктона в течение года таким образом, что из множества соответствующих траекторий поведения экосистемы в модельном расчете реализуется та, при которой достигается максимум значения термодинамической характеристики – эксергии, отражающей удаленность системы от состояния «мертвой» субстанции, что позволяет обоснованно прогнозировать развитие биоценоза. Функциональная зависимость величины эксергии водной экосистемы от текущих значений биомассы фитопланктона и содержания детрита определена путем специальных исследований [4, с. 385].

Изменение в расчетах по модифицированной модели значений коэффициента выделительной активности в течение года, с одной стороны, характеризует структурные изменения, связанные со сменой доминирующих видов водорослей, с другой – приводит к уменьшению значения критерия Тейла по фитопланктону, что можно видеть на рисунке 2.

Линии пунктира обозначают данные наблюдений. Кривая «Расчет 1» является результатом традиционного способа моделирования биогеохимических циклов. Кривая «Расчет 2» характеризует модифицированный способ моделирования. Модификация – в том, что для каждых расчетных суток выбирался вариант изменения внутренних параметров модели, отвечающий соответствующему максимальному значению термодинамической характеристики экосистемы – эксергии.

Числа на графиках – это значения статистического критерия Тейла, характеризующего адекватность результатов расчета натурным данным. На каждом графике: слева - значение критерия при традиционном способе моделирования; справа – при модифицированном.

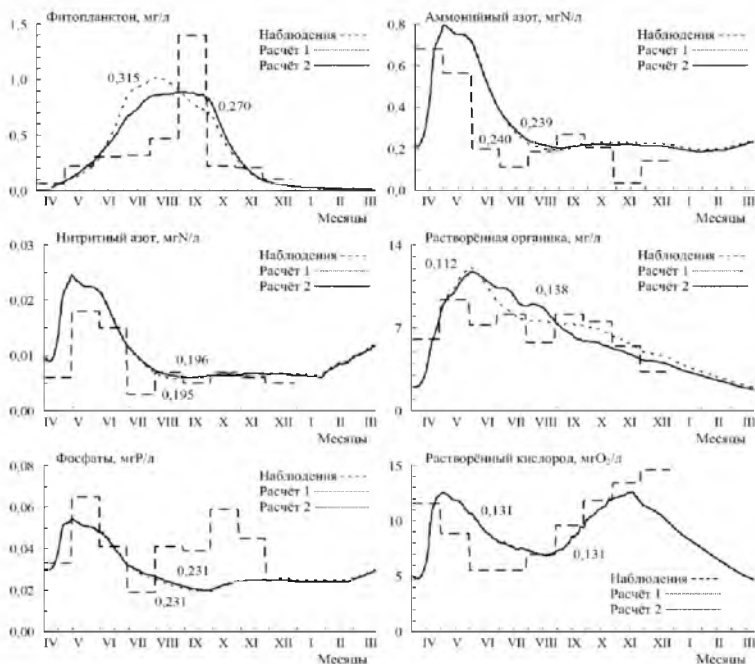


Рисунок 2 – Расчет динамики компонентов экосистемы Новосибирского водохранилища по модифицированной модели «Биоген»

Значение критерия Тейла по динамике фитопланктона в течение года уменьшилось, т.е. соответствие расчетных результатов натурным данным улучшилось примерно на 14%. Пик расчетной кривой фитопланктона сдвинулся на сентябрь с августа так, как было и на самом деле по данным наблюдений. Как видно по значениям, да и визуально, в расчетах по модифицированной модели динамика кислорода, а также соединений азота и фосфора практически не изменилась по сравнению со случаем применения традиционного способа моделирования без учета сезонных изменений видового состава фитопланктона. Это свидетельствует об эффективности модификации модели.

Библиографический список

1. Цхай А.А., Агейков В.Ю. Математическое моделирование процессов трансформации соединений азота и фосфора и изменчивости

кислородного режима в водохранилищах // Водные ресурсы.- 1997. – Т. 24, № 6. - С. 718–728.

2. Цхай А.А., Леонов А.В. Прогнозирование качества воды в проектируемом водохранилище на основе модели трансформации азота и фосфора // Водные ресурсы.- 1995. – Т. 22, №3. - С. 261–272.

3. Jørgensen S.E. Structural dynamic model // Ecological Modelling. – 1986. - Vol. 31, №1–4. - P. 1–9.

4. Li W.H., Grauer D. Fundamentals of Molecular Evolution. - Massachusetts: Sinauer, Sunderland, 1991. - 660 p.