

УДК 504(075.8)

МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СТАНОВИТСЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНОЙ¹

© 2011 г. С. И. Шапоренко

*Институт географии Российской академии наук
119017 Москва, Старомонетный пер., 29*

Поступила в редакцию 12.05.2010 г.

В 2008 г. Сахалинский государственный университет (СахГУ) выпустил учебное пособие по моделированию биотрансформации органических и минеральных соединений органогенных элементов (С, N, P, Si) и O₂ в водной среде и в поверхностном слое донных отложений. Примечательность указанного события, если автор рецензии не ошибается, в том, что этот учебник – первый (или один из первых) в России по данному профилю, и он предназначен для подготовки и обучения студентов географических дисциплин, и в частности, специалистов по экологии и природопользованию.

Сама модель используется автором учебника в качестве инструмента водно-экологических исследований и входит в программу курса “Моделирование природных процессов” (в данном случае процессов трансформации веществ в водной среде). Основу данного курса составляют научные сведения, полученные на стыке ряда естественных дисциплин. Поэтому освоение предмета требует достаточно глубоких знаний по многим смежным направлениям таких наук как география, химия, биология, физика и математика, что может быть весьма сложным для многих студентов.

Указанный предмет в СахГУ на факультете природопользования и нефтегазового дела преподают В.М. Пищальник (СахГУ) и А.В. Леонов (Ин-т океанологии РАН) уже около пяти лет. В рамках данного предмета на лекциях студентов знакомят с необходимыми теоретическими знаниями, а на практических занятиях – с двумя современными электронными инструментами анализа и обобщения океанографических данных – с ГИС “Сахалинский шельф” (автор В.М. Пищальник) и гидроэкологической CNPSi-моделью (автор А.В. Леонов).

Гидроэкологическая модель – это базовый инструмент научных исследований (фундаментальных и прикладных) автора, создана на основе объединения нескольких ранее разработанных и достаточно сложных экологических моделей (имитационная

модель фосфорной системы; трансформации соединений N; совместной трансформации соединений N, P и режима O₂; трансформации органического вещества и соединений биогенных элементов; совместной биотрансформации соединений С, N, P и режима O₂ во взаимосвязанных мелких эвтрофных водоемах). Каждая из этих моделей применялась для изучения процессов трансформации веществ (в частности, при анализе данных многочисленных экспериментов), а модель фосфорной системы – условий трансформации форм P в озерах и водохранилищах (всего >10 водных объектов). Ряд моделей был разработан автором в период его работы в Международном институте прикладного системного анализа (Австрия). Об этих моделях автор учебника кратко говорит в первой главе и тем самым, возможно и не специально, повышает доверие ко всему дальнейшему излагаемому материалу.

Структура гидроэкологической имитационной CNPSi-модели воспроизведена на основе имитационной модели фосфорной системы – наиболее совершенной с точки зрения организации компьютерной программы, позволяющей совершенствовать модель (дополнять и расширять отдельные блоки) без нарушения ее внутренних структур. CNPSi-модель описывает процессы трансформации веществ (органических и минеральных фракций N, P и Si) и воспроизводит биогидрохимические циклы N, P и Si, трансформацию растворенного органического С, связанные с функционированием сообщества водных микроорганизмов (бактерии, фито, зоопланктон, макрофиты), определяемые режимом растворенного в воде O₂. Такие показатели среды как температура, освещенность, прозрачность водной среды, показатели водного режима, атмосферные осадки, обмен веществом на границах раздела вода–дно, вода–воздух, водоем–приток (река или какой-либо антропогенный источник) используются в качестве входных данных. Они корректируют значения скоростей трансформации веществ в водной среде и донных осадках.

Модель весьма универсальна, поскольку применима и для пресноводных, и для морских экосистем, не имеет размерных ограничений по морфометрическим показателям водоемов (глубина,

¹ Леонов А.В. Моделирование природных процессов на основе имитационной гидроэкологической модели трансформации соединений С, N, P, Si: учебное пособие. Южно-Сахалинск: СахГУ, 2008. 168 с.

площадь, объем воды в водоемах). Она при использовании имеет ограничения (до 10) по числу изучаемых одновременно водоемов (или по числу акваторий, на которые подразделяют изучаемый водоем). Модель может применяться как для однослойной по вертикали водной системы (в случае отсутствия вертикальной стратификации), так и для двухслойной (при наличии таковой). В модели унифицирован гидродинамический блок водного режима, который исключает необходимость внутренней корректировки модели и позволяет входными данными задать требуемый режим взаимодействий акваторий и интенсивность переноса водными массами веществ через конкретные границы между районами, выделяемыми в изучаемом водоеме. Сообщества водных микроорганизмов, осуществляющих трансформацию веществ в водной среде, включают разные группы бактерий (гетеротрофные, аммоний-, нитрит-, нефте- и фенол-окисляющие группы), три доминирующие группы фитопланктона, растительный и хищный зоопланктон, водоросли-макрофиты. Функционирование экосистемы описывают 283 уравнения, которые подразделены на вспомогательные (воспроизводят мгновенные скорости отдельных процессов, внутренние и внешние потоки веществ и другие процессы) и обыкновенные дифференциальные, рассчитывающие изменения концентраций веществ (всего 29 переменных) за единицу времени.

Выходными данными модели служат расчетные количественные показатели концентраций веществ (отдельных компонентов и в агрегированной форме), биомасс микроорганизмов и их продукции, внутренние и внешние потоки веществ (убыль или их поступления в водную среду), время оборота отдельных соединений, балансы (отдельно в воде, донных отложениях и в целом для выделенных акваторий). Весь этот набор расчетных параметров позволяет за счет организации натурных наблюдений провести их анализ, верификацию модели и в случае необходимости — требуемую корректировку важнейших параметров.

Представление выходных данных организовано удобно для пользователя: свои специальные файлы сформированы для каждой группы характеристик и по каждой выделенной акватории. Все результаты могут представляться как в виде таблиц, так и в виде графиков. Без преувеличения можно сказать, что модель А.В. Леонова пока не имеет в мире аналогов по охвату воспроизводимых биохимических процессов, по доскональности учета влияния факторов среды до конкретных значений числовых коэффициентов изучаемых стадий трансформации биогенных веществ. Рецензенту известно, что рассматриваемое учебное пособие отмечено Дипломом Всероссийской выставки Российской академии Естествознания “Золотой фонд отечественной науки” как лучшее учебно-методическое изда-

ние в отрасли (выставка проходила в феврале 2009 г. в Москве в Академии естествознания).

К настоящему времени данная модель уже была применена для изучения условий функционирования экосистем Охотского, Каспийского и Белого морей, а также некоторых пресноводных объектов.

Несколько слов относительно качества издания самого учебника. С точки зрения автора данной рецензии, первый учебник вышел отнюдь не “комом”, а выглядит весьма прилично. В нем есть все: и краткий экскурс в историю развития моделирования, и краткая характеристика других возможных подходов к математическому моделированию, и, естественно, указания по использованию модели на всех стадиях ее применения (от правил введения исходной информации до считывания результатов расчетов). Читая учебник, даже не вдаваясь в подробности построения файлов входных и выходных данных, получаешь ясное и четкое представление о сути решаемых задач и структуре самой модели, представленной на отдельном CD-диске. Это позволяет при желании решиться на самостоятельную реализацию модели для какого-либо выбранного водоема или морской акватории.

Рецензент считает, что имеются возможности для некоторого усовершенствования описания данной модели в учебном пособии. В первую очередь, необходима некоторая правка отдельных фрагментов описания модели и приведенных примеров ее использования

не все включенные в модель переменные должным образом пояснены при характеристике компонентов модели; например, в файл заданных начальных параметров включены концентрации гидросульфидов HS и фенолов FL, однако об этих переменных в тексте ничего не сказано;

среди переменных состояния водной среды во входных данных упоминается соленость вод, однако изменения ее значений в модели не вычисляются;

в перечне показателей в системе отображения показаны биомассы рыб (5 групп, отличающиеся трофическими взаимодействиями с химическими и биологическими переменными), однако не сформулированы уравнения для вычисления динамики их биомасс;

неясно, почему для HS заданы два внешних источника поступления (CZ16 и CZ17) и как гидросульфиды участвуют во взаимодействиях с компонентами среды при отсутствии в бактериальном сообществе серных и сульфатредуцирующих бактерий;

для описания ветрового режима использован не традиционный формат значений скорости ветра (с точностью до тысячных долей м/с) и его направления (34 вместо 8 румбов);

при расчетах загрязнения вод зал. Анива нефтяными углеводородами взяты минимальные скоро-

сти возможного загрязнения водной среды и не использованы прогнозные значения подобного загрязнения;

при анализе динамики расчетных переменных автор использует то календарное исчисление времени года, то порядковые номера суток в течение года (от 0 до 365 сут), это затрудняет прочтение текста и анализ результатов расчетов;

программа модели и встроенная в нее система отображения результатов моделирования были построены под операционную систему DOS, а в настоящее время используется для персональных компьютеров преимущественно система WINDOWS. Это означает, что выполнять расчеты и просматривать результаты на мониторе в операционной системе WINDOWS можно, однако из-за конфликта указанных двух систем распечатка результатов моделирования в виде графиков и диаграмм возможна только после некоторых преобразований рабочих цифровых файлов.

Однако замечания к представлению в учебном пособии материала легко устранимы, и можно надеяться, что во втором издании эти недостатки будут устранены. Второе издание подобного учебника

крайне желательно, и у автора данной рецензии нет сомнений, что оно обязательно состоится. При этом хотелось бы, чтобы его опубликовало одно из центральных издательств и обязательно в твердой обложке. Желательно в таком издании представление иллюстраций в цветном варианте (как на обложке книги) — это позволит лучше идентифицировать данные на рисунках. Есть также пожелание, чтобы ознакомиться с данным учебным пособием была возможность у студентов и преподавателей других вузов, например, на кафедрах океанологии и гидрологии географического факультета МГУ (Москва и Севастополь), Гидрометеорологических институтов (Санкт-Петербург и Одесса), на физических и химических факультетах различных университетов. В этих высших учебных заведениях это издание может быть полезным в связи с возрастающим интересом к использованию электронных инструментов анализа и обобщения информации при изучении водно-экологических проблем, а также в связи с изучением биохимических и физических процессов в водной среде с помощью методологии математического моделирования.