

Ə T R A F - M Ü N İ T İ N M Ü N A F İ Z Ə S İ

UOT 539.3

СОВРЕМЕННЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ КАСПИЙСКОГО МОРЯ И РЕКОМЕНДУЕМЫЕ МОДЕЛИ ИХ РЕШЕНИЯ

Жанна Николаевна АНДРЕЕВА

Западный Университет, кафедра «Экономика,
маркетинг и менеджмент»
к.т.н., доцент

Наталья Витальевна САФРОНОВА

Азербайджанское Высшее Военное
Училище им. Г.Алиева
докторант БГУ

РЕЗЮМЕ

В статье представлена упрощенная математическая модель экосистемы Каспийского моря, дальнейшее исследование и совершенствование которой, позволит снизить негативные последствия различных факторов, связанных с загрязнением Каспия и гибелью огромного количества водной флоры и фауны.

Ключевые слова: экосистема, математическое моделирование, экологическая безопасность, информационная достаточность, биологическое сообщество, фитопланктон.

XƏZƏR DƏNİZİNİN MÜASİR EKOLOJİ PROBLEMLƏRİ VƏ ONLARIN TÖVSİYƏ EDİLƏN HƏLL MODELLƏRİ

XÜLASƏ

Məqalədə Xəzər dənizi ekosisteminin sadələşdirilmiş riyazi modeli, bu modelin Xəzərin çirklənməsi və çoxlu sayda su flora və faunasının tələf

edilməsi ilə əlaqədar müxtəlif amillərin neqativ nəticələrinin azaldılmasına imkan verən gələcək tədqiqi və təkmilləşdirilməsi təqdim olunmuşdur.

Açar sözlər: ekosistem, riyazi modelləşdirmə, ekoloji təhlükəsizlik, məlumat kifayətliliyi, bioloji birlik, fitoplankton.

MODERN ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF THE CASPIAN SEA AND RECOMMENDED MODELS FOR THEIR SOLUTIONS

SUMMARY

The article presents a simplified mathematical model of the ecosystem of the Caspian Sea, further research and improvement of which will reduce the negative consequences of various factors associated with the pollution of the Caspian Sea and the loss of a huge number of aquatic flora and fauna.

Keywords: ecosystem, mathematical modeling, ecological safety, information sufficiency, biological community, phytoplankton.

Проблема сохранения экологической чистоты уникального объекта, которым является Каспийское море, в последние годы приобрела чрезвычайную актуальность. Углеводородные ресурсы и биологические богатства Каспия не имеют аналогов в мире.

Главным загрязнителем моря является нефть. Нефтяные загрязнения подавляют развитие фитобентоса и фитопланктона Каспия. Биологическая продуктивность водных экосистем в большой степени определяется продукцией фитопланктона, составляющего основу жизнедеятельности в водоеме.

Оценка биологической продуктивности экологических систем имеет большое значение для изучения состояния природной среды и возможностей рационального природопользования.

Конкурентным преимуществом морской добычи нефти на Каспии в сравнении с добычей в Северных морях являются климатические и технические условия (теплый климат и меньшая глубина). Вместе с тем, увеличение масштабов недропользования в акватории Каспийского моря влечет и негативные последствия, а именно, влияние на экологическое состояние водоемов в окружении Каспийского моря и атмосферный воздух. Загрязнение Каспийского моря ведет к гибели огромного числа редких рыб и других живых организмов [3, с.21].

В исследовании экосистем широко используются методы математического моделирования, которые должны отражать:

- особенности оригинала предмета познания;
- модель должна быть адекватна оригиналу;
- в моделировании должен соблюдаться принцип информАционной достаточности.

Основоположниками математического моделирования водных экосистем выступили математики и биологи в первой трети XX века.

В странах Европы и Северной Америки моделировалось функционирование рек, озёр и морей в целях изучения изменений под воздействием загрязняющих факторов в интересах промысловой эксплуатации

Исключительно большой объем информации, который необходимо обработать при решении проблемы экологической безопасности Каспия, приводит к пониманию того, что ее решение невозможно без использования методов компьютерного имитационного и математического моделирования.

Модель, как правило, предоставляет собой упрощенный образ оригинала, при котором сознательно удаляют из системы некоторые элементы и связи, чтобы упростить модель. С другой стороны, модель должна, в определенном смысле, верно и достаточно полно отражать оригинал.

В общем случае основу математических моделей экосистем или их подсистем составляют эволюционные уравнения вида [7, 94с.]:

$$\frac{dx}{dt} = F(t, a, x, u, q), \quad (1)$$

где $x(t, a)$ – вектор-функция состояния экосистемы, t – время, a – пространственная характеристика, $u(t, a)$ – функция управления, $q(t, a)$ – функция влияния окружающей среды.

Влияние окружающей среды – это взаимодействие физических, химических и других факторов среды на живые компоненты водной экосистемы.

Если в модели состояние системы «X» зависит только от времени t , то такая модель называется точечной.

Теоретической основой исследования с точки зрения математического моделирования процессов, которые наблюдаются в водной среде Каспия, явились работы ученых-экологов Азербайджана и прикаспийских государств (Россия, Казахстан, Туркменистан, Иран) [5, 75с.].

Большой вклад в изучение экологии Каспийского моря и сохранения его ресурсов внес известный ученый, академик НАНА Мамедов Рамиз Махмуд оглы. Им разработаны ряд направлений и методик в исследовании экосистемы Каспия, выполнен мониторинг нефтяного загрязнения Каспийского моря, все исследования имеют международный статус.

Согласно современной концепции развития «Азербайджан-2020: взгляд в будущее», принятой руководством Азербайджана, предпринимаются практические шаги по усовершенствованию законодательства в области охраны окружающей среды в соответствии с инновационным международным опытом, особое внимание уделяется созданию эффективных механизмов мониторинга и контроля [1,2, 194-201с.].

Основными элементами при описании зависимости скорости роста фитопланктона в морской среде от клеточных запасов биогенных элементов являются непосредственно содержание элемента в клетке (клеточная квота), а также его минимальное содержание в клетке q_{min} , при котором скорость роста $\mu=0$.

Концепция клеточной квоты берёт начало с работ М.Друпа, который предложил зависимость удельной скорости роста от содержания вещества в клетке в виде [6, 42 с.]:

$$\mu = \mu^{\sim} \frac{(q - q_{min})}{k + (q - q_{min})}, \quad \text{где} \quad (2)$$

μ^{\sim} – зависимость скорости роста;

k – константа полунасыщения (в общем случае μ^{\sim} и k зависят от вида фитопланктона).

Существуют некоторые данные, которые позволяли сравнивать результаты моделирования с использованием концепции «клеточной квоты» и без её использования (Л.А. Кугай), сравнивались модели, описывающие кругооборот биогенных ресурсов (азота и водорода).

Модели с использованием «клеточной квоты» М.Друпа дают большее число возможных сценариев развития фитопланктона и позволяют описать ситуации, реально встречающиеся в природе, например, ситуацию нарастания биомассы фитопланктона при изменяющихся внешних условиях окружающей среды [1, 85-95 с.].

Рассматривая вопрос обеспечения экологической безопасности при недропользовании, следует понимать, что в основе её обеспечения лежат инструменты, которые позволяют обеспечить баланс между потребностями человечества и возможностями окружающей среды. Среди основных инструментов исследователи выделяют:

- Экологическое нормирование;
- Экологическая экспертиза;
- Экологическое лицензирование и сертификация;
- Экологический надзор;

- Юридическая ответственность и экологические правонарушения.

Модели функционирования фитопланктонных сообществ описывают динамику преобразования веществ при фотосинтезе и построении растительного организма.

Рассмотрим модели замкнутых и открытых по веществу систем.

При описании микробиологических культур применяются открытые модели – это модели проточных культур, когда в систему попадают питательные вещества, а содержимое выбывает из системы. Такие модели применяются для описания функционирования фитопланктона. Модели представляются системой нелинейных дифференциальных уравнений. Фитопланктон представлен m – видами, их содержание в среде обозначается y_i , для вида i . Минимальное питание растительных организмов разбивается на n – групп, содержание веществ группы j в среде обозначается z_j .

Рост биомассы клеток вида i проходит с удельной скоростью $\mu_i(z)$ в зависимости от содержания z биогенов во внешней среде [8, 25с.].

Таким образом, одна из моделей сообщества в холеостате имеет вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dy_i}{dt} = (\mu_i(z) - D)y_i \\ \frac{dz_j}{dt} = D(z_{y_0} - z_j) - \sum_{i=1}^m \gamma_{ij}(z_j)y_i \end{array} \right. \quad (3)$$

для $i=1\dots m$, $j=1\dots n$, D – скорость протока вещества в системе; z_0 – содержание минеральных питательных веществ во входящем потоке; $\gamma_{ij}(z_{ij})$ – удельные скорости поглощения вещества группы j веществами вида i .

В отличии от открытых моделей замкнутые модели описывают динамику биомасс основных групп фитопланктонов, минеральных веществ и отмершей органики.

Замкнутая модель приобретает вид системы дифференциальных уравнений [8, 32 с.]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dy}{dx} = \mu_i(z)y_i \\ \frac{dz}{dt} = r(s) - \sum_{i=1}^m \mu_i(z)y_i \\ \frac{ds}{dt} = \sum_{i=1}^m e_i(y_i) - r(s) \end{array} \right. \quad (4)$$

, где

функция $r(s)$ описывает скорость преобразования органики в минеральные соединения; функция $e_i(y_i)$ – удельные скорости элиминации (процесс естественной смертности микроорганизмов); остальные обозначения соответствуют предыдущей модели.

Вместе с тем, увеличение масштабов недропользования в акватории Каспийского моря влечет и негативные последствия, а именно влияние на экологическое состояние водоемов в окружении Каспийского моря, непосредственно Каспия, атмосферного воздуха и биоты.

Полностью исключить риск наступления этих факторов невозможно, но возможно снизить его последствия.

Заключение. В статье рассмотрены наиболее актуальные подходы к изучению природных биосистем, используя методы математического моделирования для описания динамики биомасс фитопланктонового сообщества в водной экосистеме.

Рассмотрены и проанализированы замкнутые и открытые модели. Свойства решений и функционирование в этих моделях существенно различно. В замкнутых моделях имеется контингентальное множество положительных равновесных решений, в открытых моделях для проточных водоемов (систем) присутствует конечное множество изолированных неотрицательных равновесных решений.

Право выбора той или иной модели в зависимости от свойств рассматриваемых систем остается за исследователем.

В работе использовались различные методы сбора эмпирической информации: анализ статистических, отчетных и официальных материалов по природным характеристикам и экологии Каспийского моря, экономики, географии и экологии Каспийского моря.

Литература:

1. Бутаев А.М., Гаджиев А.В., Гасанов Ш.Ш., Малахов С.К. Статья «Современное состояние и возможное направление развития экосистемы Каспийского моря». Вести ДНЦ, РАН, №4, 1999.

2. Мамедов Р.М., Панин Г.Н. и др. Монография «Современное состояние Каспийского моря»// Москва, Наука, 2005, 356 с.
3. Иванов В.П., Сокольский В.Ф. Научные основы стратегии защиты биологических ресурсов Каспийского моря от нефтяных загрязнений. Астрахань, 2000. 155 с.
4. Абакумов А.И., статья «Математическое моделирование водных экосистем: история, проблемы, перспективы»// ДВО РАН, Владивосток, 2010.
5. Баканов А.И. Методы математического моделирования водных экологических систем// Москва, 2012.
6. Droop M.R. Some thoughts on nutrient limitation in algae. J.Phycol.1973.
7. Джеймс А. Математические модели контроля загрязнения воды. Москва, 1991, 472
8. Абакумов А.И. Статья «Устойчивость в моделях жизнедеятельности фитопланктона». Владивосток, 2012.