

**Панасенко Наталья Дмитриевна**

аспирант, ассистент

ФГБОУ ВО «Донской государственной  
технический университет»

г. Ростов-на-Дону, Ростовская область

DOI 10.21661/r-462064

## ОБЗОР МОДЕЛИРОВАНИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПОПУЛЯЦИОННЫХ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

***Аннотация:** статья посвящена обзору математических моделей, описывающих гидробиологические системы. Особое внимание уделяется процессам, происходящим в прибрежных системах водоснабжения. Изучение динамики биологических сообществ, циркуляции материи и энергетического баланса, выявление причинно-следственных связей и механизмов отдельных процессов в экологических системах относятся к фундаментальным проблемам экологии и гидробиологии. Возникают проблемы загрязнения Мирового океана. Построенные математические модели рассматриваемых проблем могут быть решены с использованием методов оптимизации. Нахождение оптимального решения данных задач основывается на применении различных эвристических алгоритмов, вдохновленных как живой, так и неживой природой.*

***Ключевые слова:** математические модели, модели водных экосистем, оптимизация, гидробиологические процессы.*

В настоящее время существует необходимость в средствах прогнозирования гидрофизических и биохимических процессов в различных водоемах, которые по-прежнему достаточно продуктивны для рыб.

Методы математического моделирования считаются эффективным инструментом для изучения и прогнозирования природных процессов и для решения на их основе научных и практических задач. Использование математических методов в гидробиологии имеет гораздо менее длительную историю по сравнению с

традиционными областями применения математики. Разработаны различные методы изучения природных вод и осадков, которые позволили количественно исследовать природную воду как среду обитания сообществ организмов. При исследовании и разработке этих методов, связанных с гидрохимическими характеристиками условий формирования сырьевой базы и биопродуктивности природных вод различных типов, огромный вклад внесли отечественные ученые, в частности, А.П. Виноградов (изучение химического состава микроорганизмов), Н.М. Книпович (первые исследования морей и солоноватых вод), С.В. Бруевич (разработка аналитических методов исследований, формулирование основ гидро- и биогидрохимии), В.И. Вернадский (изучение живого вещества и морской геохимии), Г.Г. Винберг (исследование процессов формирования биологической продуктивности водоемов), Р.В. Озмидов (диффузия примесей в океане) и многие другие.

Результаты анализа в математической экологии первыми получили А. Лотки в 1925 году и В. Вольтерр в 1931 году, независимо друг от друга. Вклад в общую теорию математического моделирования и моделирования теории водных экосистем внесли работы В.А. Костицина и Г.Ф. Гаузе, которые описали одни из первых примеров применения физико-математических методов к моделям экологических систем. Многие работы В. Вольтерра, В.А. Костицина имели гидробиологическую направленность. Позже Вольтерр принял первую попытку построить математическую теорию биологических сообщений с чего, и началась современная математическая экология.

Есть в настоящее время более 4000 экологических моделей водных экосистем разного уровня сложности и назначения. Известные модели: экосистемы Черного моря; мирового океана; прибрежной экосистемы Ла-Манш; экосистемы западного побережья Шотландии; экосистемы Балтийского моря; экосистем Каспийского и Белого морей; первичного круговорота озера Байкал; Цимлянского водохранилища; и др. Несмотря на свое разнообразие модели, во многих отношениях продолжают фокусироваться на достижении одной из основных целей – адекватного описания функционирования водных экосистем [1, с. 37].

Количество исследований в области математической экологии постоянно растет. Несмотря на это, в строительстве моделей, мы постоянно ощущаем недостаток информации об объекте. В результате, мы не можем построить имитационную модель лучше, чем данные, на которых она основана [2, с. 201].

Изучение и построение моделей процессов должно учитывать огромное количество факторов, влияющих на ход их развития. В том числе распределение примесей по поверхности воды. Хотя часто при моделировании гидробиологических процессов в водоемах производятся простые аналитические решения стационарных задач, которые не подходят не только для описания реальных гидрофизических процессов, но и не принимают во внимание многие факторы, влияющие на динамику процесса популяций, которые оказывают существенное влияние на рыбные сообщества.

В последние годы развивается очень специальный класс моделей водных экосистем – индивидуально-ориентированной модели (или IBM-модели) (Individual-Based Models). В таких моделях, общее поведение описания системы начинается на уровне отдельного организма, принимая во внимание поведение и взаимодействие организмами с окружающей средой, текущее состояние, и, возможно, ряд состояний в прошлом [7, с. 680].

Анализ существующих математических моделей гидробиологических процессов показал, что ранее разработанные модели, как правило, одномерные, используют камерное деление области, и не учитывают при этом, пространственную неоднородность водной среды. Некоторые имитационные модели основываются на аппроксимациях, что увеличивает время решения поставленных задач.

Наблюдение поведения природных процессов можно рассматривать различными способами. Развитие современных компьютерных технологий позволило создать новые технологии – технологии дистанционного зондирования Земли из космоса. Они представляют незаменимый инструмент для изучения и постоянного мониторинга нашей планеты, являются частью большой системы сбора, обработки, записи и использования данных. Приведем пример таких снимков со

спутника NOAA на рисунке 1 и рисунке 2, на которых видны образование различных примесей на поверхности воды и мы можем отследить их изменение с течением времени.

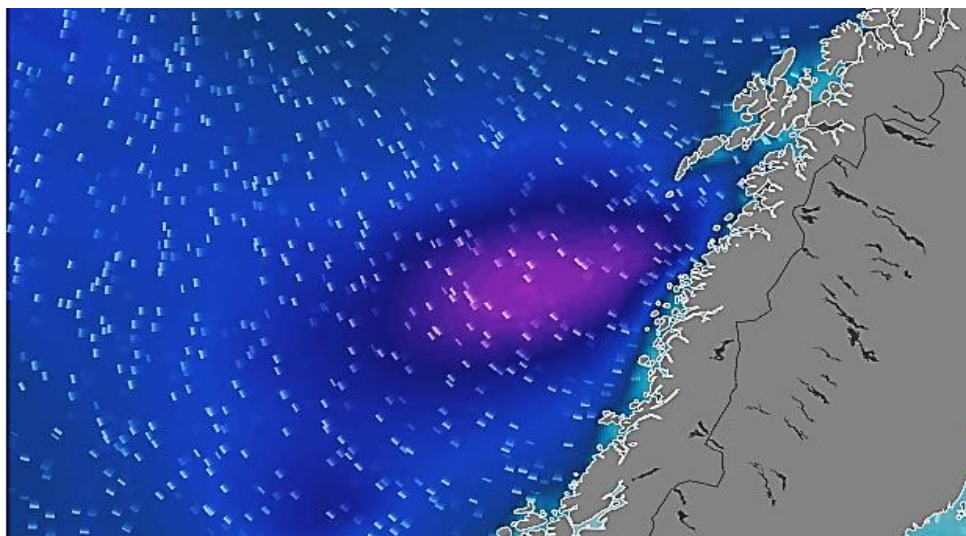


Рис. 1. Снимок дистанционного зондирования Земли водных ресурсов

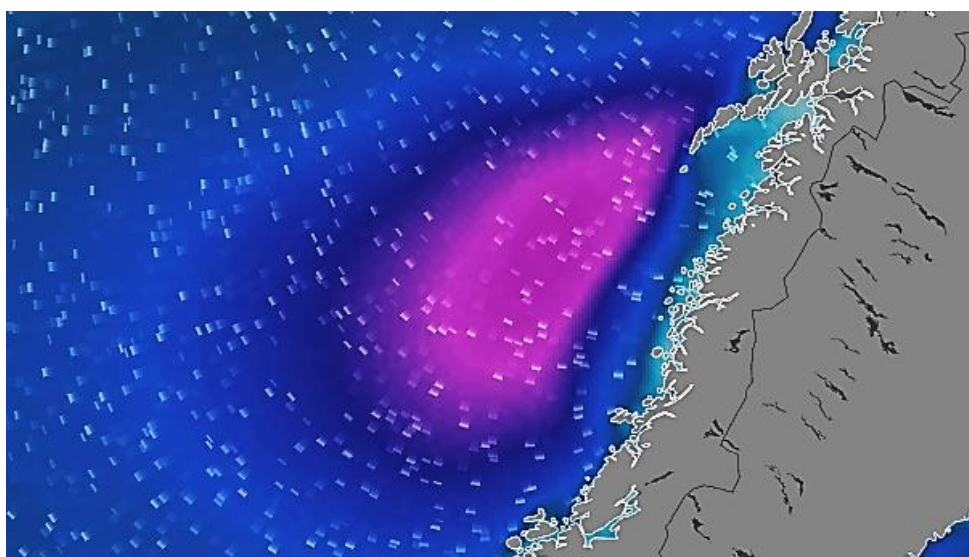


Рис. 2. Снимок дистанционного зондирования Земли водных ресурсов  
через 17 часов после предыдущего снимка

При дальнейших исследованиях, необходимо учитывать недостатки построенных моделей, разрабатывать новые технологии в моделировании математических моделей водных ресурсов с применением данных дистанционного зондирования.

### *Список литературы*

1. Никитина А.В. Математическое моделирование пространственно-неоднородных гидробиологических процессов в мелководных водоемах. – Таганрог, 2015.
2. Вольтерра В. Математическая теория борьбы за существование. – М.: Наука, 1976.
3. Захаревич В.Г. Математическое моделирование универсальная методология анализа и прогноза экосистемы Азовского моря / В.Г. Захаревич, А.И. Сухинов // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2001. – №2.
4. Сухинов А.И. Математическое моделирование и экспедиционные исследования качества вод в Азовском море / А.И. Сухинов, А.В. Никитина // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – №3. – С. 168–176.
5. Информационная система «Динамические модели в биологии» создана на кафедре биофизики Московского государственного Университета им. М.В. Ломоносова при поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований №. 01–07–90131 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dmb.biophys.msu.ru/registry?article=9821> / (дата обращения: 12.12.2016).
6. Сухинов А.И. Математическое моделирование процессов эвтрофикации в мелководных водоемах на многопроцессорной вычислительной системе / А.И. Сухинов, А.В. Никитина, А.Е. Чистяков [и др.] // Вестник Южно-Уральского государственного университета – 2016.
7. Панасенко Н.Д. Обзор существующих моделей моделирования популяционных гидробиологических систем // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения: Сб. тр. X Межд. юбил. науч.-практ. конф. в рамках XX Межд. агропром. выставки «Интерагромаш-2017». – 2017 – С. 680–681.