

ИНФОРМАЦИОННО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**канд. техн. наук, доц. Афанасьева О.В.,
Копейкина И.А.**

Санкт-Петербургский государственный горный университет
Факультет приборостроения, информационных и электронных систем
Кафедра системного анализа и управления инновациями

Аннотация

Статья посвящена исследованию эффективности функционирования системы очистки загрязнённых сточных вод на ближайший период, с использованием методов прогнозирования на примере морей Российской Федерации (Балтийского, Каспийского, Азовского). В результате проведённого исследования дана оценка методов очистки сточных вод.

Ключевые слова

Экология, загрязнение вод, прогноз, оценка

Abstract

Article is devoted to research of efficient cleaning polluted wastewater for the coming period, using methods of forecasting for example seas (Baltic, Caspian, Azov). As a result of the carried out study evaluated methods of wastewater treatment.

Keywords

Ecology, water pollution, forecast, assessment

Россия богата водными ресурсами: её омывают 13 морей, она насчитывает более двух миллионов озёр, а также по её территории протекают 2,5 миллионов рек. Наша страна занимает второе место в мире по количеству речного стока, уступая Бразилии.

Во всём мире экологическое состояние водных ресурсов становится всё более важной проблемой. Проблема экологического состояния морей Российской Федерации в первую очередь является экологической, но вместе с тем, она самым тесным образом связана с решением сложных технических и экономических задач.

Рассмотрим экологическое состояние Балтийского, Каспийского и Азовского моря.

Известно, что Балтийское море является одним из самых загруженных водных путей – на его долю приходится более 15% мировых морских грузовых перевозок. По нему ежегодно перевозится порядка 170 миллионов тонн нефтепродуктов. Каждый день в море курсирует около 2000 судов. Анализ его экологического состояния показал, что основными проблемами являются следующие:

- поступление в акваторию азота и фосфора, тяжёлых металлов, таких как ртуть, свинец, медь, цинк, кадмий, кобальт и никель;

- отходы после Второй мировой войны (в Балтийское море было сброшено около 3 млн. т. химического оружия, в котором содержалось 14 видов крайне ядовитых веществ, кроме того на дне содержится кладбище кораблей с опасными грузами, химическое оружие и бомбы);

- заражение радиоактивными веществами (на побережье моря находятся атомные электростанции, происходит систематический сброс в воду радиоактивных веществ перерабатывающими заводами);

- загрязнения от промышленных сточных вод прибрежных государств: Германией, Данией, Латвией, Литвой, Польшей, Россией, Финляндией, Швецией, Эстонией (Балтийское море имеет ограниченный водообмен с Мировым океаном);

- нефтяное загрязнение.

Для защиты морской среды Балтийского моря создана комиссия ХЕЛКОМ. Деятельность Хельсинкской комиссии или ХЕЛКОМ направлена на защиту морской среды Балтийского моря от всех источников загрязнений и ре-

ализуется в рамках межправительственного сотрудничества Германии, Дании, Европейского сообщества, Латвии, Литвы, Польши, России, Финляндии, Швеции и Эстонии.

Балтийское море, на побережье которого расположены девять вышеперечисленных стран, является особой экосистемой. Все эти страны участвуют в его коммерческом использовании, включая судоходство, рыболовство и добычу сырья. Сотрудничество между всеми девятью странами имеет большое значение, поскольку оно позволяет поддерживать баланс между стабильным коммерческим использованием и сохранением уникальности Балтийского моря при реализации трансграничных проектов.

Для сохранения экосистемы Балтийского моря необходимо проводить мониторинг и давать оценку состоянию окружающей среды.

Каспийское море – уникальный водоём, его углеводородные ресурсы и биологические богатства не имеют аналогов в мире. Его также как и Балтийское, окружают следующие прибрежные государства: Россия, Казахстан, Туркмения, Иран, и Азербайджан.

Отметим, что Каспийское море является самым загрязнённым нефтепродуктами морем в России (площадь загрязнения около 23 км²), так как это старейший в мире нефтедобывающий бассейн. В Каспийском море разрабатывается множество месторождений нефти и газа, а на его побережье и на каспийском шельфе ведётся также добыча соли, известняка, камня, песка, глины. Заметим, что разведанные ресурсы нефти в Каспийском море составляют около 10 миллиардов тонн, общие ресурсы нефти и газоконденсата оцениваются в 18 – 20 миллиардов тонн. Причём значительными источниками загрязнения Каспийского моря являются морские нефтепромыслы в России, Азербайджане, Туркменистане. Опыт освоения нефтегазоносных месторождений в морской акватории показывает, что даже при нормативном режиме добычи нефти каждая буровая установка является источником множества загрязнений, в которые входят твердые, жидкие и газообразные компоненты. В среднем при освоении морских месторождений в водную среду поступает от одной скважины: 30 – 120 тонн

нефти. Экологические проблемы Каспийского моря связаны не только с загрязнением вод в результате добычи и транспортировки нефти, но и с поступлением загрязняющих веществ из Волги и других рек, впадающих в Каспийское море, а также с жизнедеятельностью прибрежных городов.

Для защиты морской среды Каспийского моря от загрязнения, включая защиту, сохранение, восстановление, устойчивое и рациональное использование его биологических ресурсов представителями правительств пяти прикаспийских стран: Азербайджанской республики, Исламской Республики Иран, республики Казахстан, Российской Федерации и Туркменистана (при содействии Программы Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП)) была разработана (и впоследствии ратифицирована) конвенция по защите морской среды Каспийского моря – Тегеранская конвенция. Постоянно проводится мониторинг с целью оценить экологическое состояние Каспийского моря и его окружающей среды.

Рассмотрим Азовское море. В настоящее время его экологическое состояние неудовлетворительное, что объясняется большим превышением поступающих загрязняющих веществ над воспроизводственной способностью морской экосистемы.

Главными источниками загрязнения морских вод являются: сточные воды промышленных предприятий (например, донецкие, запорожские и херсонские предприятия, так около 6-ти десятков промышленных предприятий города Мариуполя (Украина) осуществляют сброс сточных вод, среди них больше всех – «Азовсталь», Мариупольский порт и мариупольский коммунхоз.); смывы с сельскохозяйственных угодий и территорий больших населенных пунктов, с которыми в море попадают удобрения и пестициды (поверхностные стоки загрязняют реки различными ядохимикатами, вымытыми с сельскохозяйственных полей); бытовые и промышленные отходы; судоходство, а именно транспортировка опасных грузов; прямые протечки токсикантов и взмучивание донных осадков (донное траление).

В настоящее время в России разработан и внедряется комплекс мер по борьбе с загрязнениями водных ресурсов РФ, так например с 01.01.2007 вступил в силу Водный кодекс РФ от 03.06.2006 N 74-ФЗ , где 6 глава посвящена охране водных объектов (статья 55 – основные требования к охране водных объектов, статья 56 – охрана водных объектов от загрязнения и засорения).

В 2010 году 6 декабря министр транспорта РФ Игорь Левитин и министр инфраструктуры Польши Цезарий Грабарчик подписали межправительственное соглашение о сотрудничестве в борьбе с загрязнением Балтийского моря нефтью и другими вредными веществами.

Для борьбы с загрязнениями сточных вод морей разрабатывают различные технологии, примером может служить лаборатория глубокой очистки воды НИИ ВОДГЕО, которая разрабатывает и усовершенствует технологии очистки сточных вод различных производств и весь комплект исходных данных для проектирования очистных сооружений, в том числе: нефтеперерабатывающих предприятий; красильно-отделочных предприятий шерстяной промышленности; фабрик-прачечных; кино- фото- производств (после химико-фотографической обработки пленки); стоков, содержащих фторид-ионы и гексафторкремниевую кислоту.

Постоянно разрабатываются новые и повышается эффективность существующих методов очистки сточных вод от загрязнителей. Из существующих методов отметим следующие:

1. Механический метод. Данный метод применяется для отделения твердых нерастворимых примесей. Для этой цели используют процеживание, отстаивание, фильтрацию, удаление взвешенных частиц под действием центробежных сил и отжимания.

2. Химические методы. Они используются для удаления из сточных вод растворимых примесей. Методы связаны с использованием реагентов, превращающих вредные примеси либо в малотоксичные, либо в малорастворимые. К химическим методам относятся нейтрализация, окисление и восстановление, удаление ионов тяжелых металлов.

3. Физико-химические методы. С помощью этих методов производится удаление из сточных вод суспендированных и эмульгированных примесей, а также растворенных органических и неорганических веществ. Основные способы: коагуляция и флокуляция, флотация, адсорбция, ионный обмен, экстракция, обратный осмос и ультрафильтрация, десорбция, дезодорация, дегазация и электрохимические методы.

4. Термический метод. Этот метод используется для удаления из сточных вод минеральных солей (образованных Ca, Mg и другими металлами) и органических веществ (концентрирование сточных вод с последующим выделением растворимых веществ, окисление органических веществ (применяя катализаторы) при атмосферном или повышенном давлении, жидкофазное окисление органических веществ и огневое обезвреживание).

5. Биохимические методы. Данные методы применяются для очистки сточных вод от многих растворенных органических и некоторых неорганических веществ. Процесс очистки основан на способности микроорганизмов и некоторых растений использовать эти вещества для питания в процессе жизнедеятельности. Заметим, что различают две стадии процесса очистки, протекающие с различной скоростью:

- адсорбцию из сточных вод тонкодисперсной и растворенной примеси органических и неорганических веществ поверхностью тела микроорганизмов;
- разрушение адсорбированных веществ внутри клетки микроорганизмов при протекании в ней химических процессов.

Кроме того на территории РФ на биохимических сооружениях промышленных сточных вод введены ограничения на максимальные концентрации токсичных веществ, которые не влияют на процессы биохимического окисления и на работу очистных сооружений. Причем главным требованием является отсутствие ядовитых веществ и примесей солей тяжелых металлов в содержании сточных вод.

В летний период используются почвенные методы очистки. В данном случае очистка осуществляется при помощи сельскохозяйственных полей, которые

специально предназначены для фильтрации сточных вод, они представляют собой специальные площадки, на которых не выращивают сельскохозяйственные культуры, их называют полями фильтрации.

Создаются биологические пруды, которые предназначены для биологической очистки и для доочистки сточных вод в комплексе с другими очистными сооружениями. Они представляют собой водоемы глубиной 0,5 – 1,5 м, которые разбиваются на несколько секций.

Для оценки эффективности применяемых мер необходимо создание и анализ большого количества разнообразных прогнозов, осуществляемых на основе различных методов прогнозирования. Результаты прогнозирования учитываются для принятия решения на основе данных по текущему экологическому состоянию. Это позволяет решить задачу выбора наилучшего варианта развития системы.

Для исследования эффективности функционирования существующих систем очистки загрязнённых сточных вод вышерассмотренных морей, проведём анализ статистических данных и построим прогноз степени загрязнения на конец 2012 года для оценки комплекса мер по борьбе с загрязнением.

Для анализа экологического состояния морей целесообразно использовать методы, базирующиеся на методологических принципах системного анализа, теории эффективности, научно-методическом аппарате анализа временных рядов, прогнозирования и регрессионного анализа.

Поэтому рассмотрим данные по объёму сброса загрязнённых вод и на их основе построим прогнозные модели. Особенно широко применяется линейная или линеаризуемая, то есть сводимая к линейной, форма модели, как наиболее простая и в достаточной степени удовлетворяющая исходным данным. Среди них наиболее распространёнными моделями являются: экспоненциальная, степенная, гиперболическая 1 и 2 типов, логарифмическая.

Известно, что критерием, позволяющим оценить качество модели, является коэффициент детерминации, он позволяет выбрать оптимальный вид кривой. Вычислив значения коэффициента детерминации для рассматриваемых

трендов, оказалось, что оптимальной прогнозной моделью для анализа объёма сброса загрязнённых вод Балтийского, Каспийского и Азовского моря является гиперболическая модель второго типа, а именно

модель вида:
$$Y_{i\bar{a}2} = \frac{1}{\hat{A}_2 + \hat{A}_2 t_i},$$

где
$$B_2 = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n \left[\frac{1}{Y_i} \cdot t_i \right] - \sum_{i=1}^n t_i \cdot \sum_{i=1}^n \frac{1}{Y_i}}{n \sum_{i=1}^n t_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n t_i \right)^2}; \quad A_2 = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{Y_i} + B_2 \sum_{i=1}^n t_i \right).$$

Заметим, что коэффициенты моделей, описывающих динамику изменения объёма сброса загрязнённых сточных вод, имеют следующие значения:

- для модели загрязнения Балтийского моря $A_2=0,448, B_2=0,009,$
- для модели загрязнения Каспийского моря $A_2=0,104, B_2=0,003,$
- для модели загрязнения Азовского моря $A_2=0,421, B_2=0,0198.$

На рис. 1, 2 и 3 представлен динамический ряд и модели изменения объёма сброса загрязнённых сточных вод в Балтийское, Каспийское и Азовское моря (соответственно).

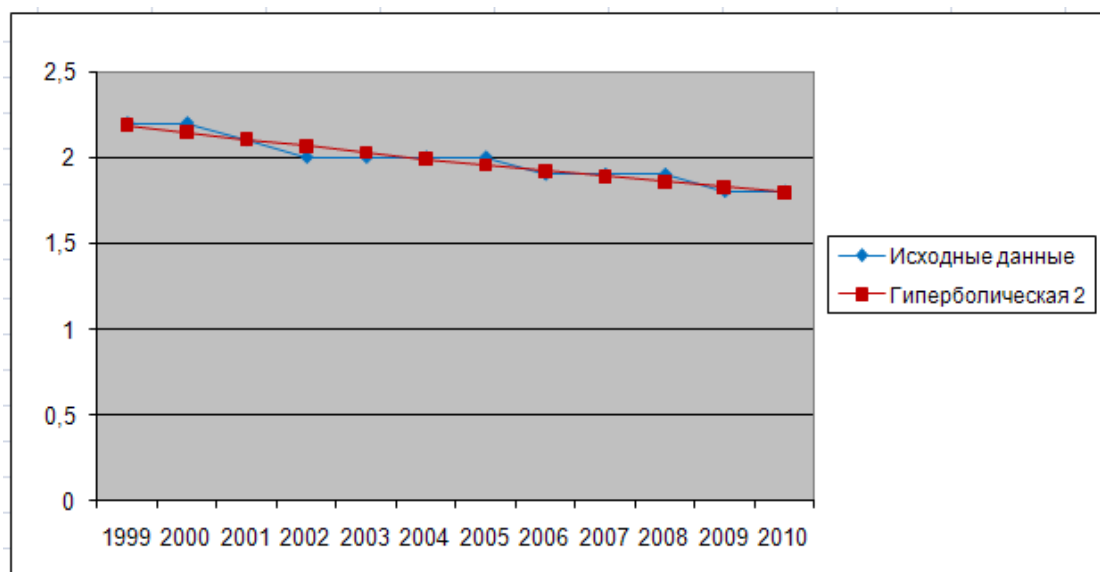


Рис. 1. Модель изменения объёма сброса загрязнённых сточных вод в Балтийское море

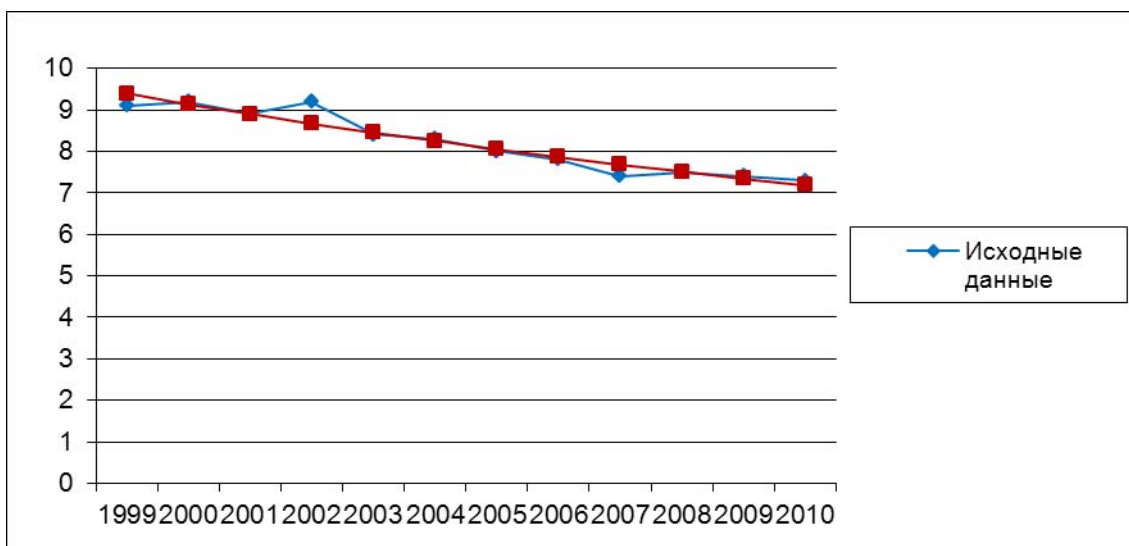


Рис. 2. Модель изменения объема сброса загрязнённых сточных вод в Каспийское море

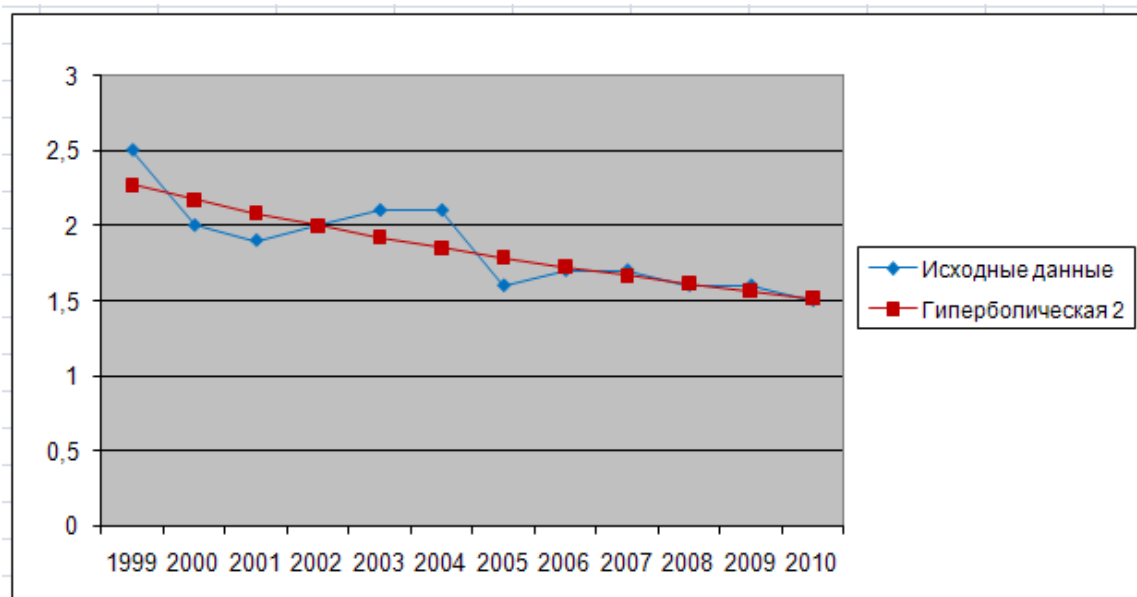


Рис. 3. Модель изменения объема сброса загрязнённых сточных вод в Азовское море

Проведенная экстраполяция изменения уровня загрязнения сточных вод показала, что в ближайшее время, то есть на 2012 год, объем сброса загрязнённых вод бассейна Балтийского моря составит

$$Y_{2012} = 1/(\hat{A}_2 + \hat{A}_2 \cdot 14) \pm \Delta = 1,78 \pm 0,06 \text{ миллиардов м}^3,$$

в Каспийское море – $Y_{2012} = 1/(\hat{A}_2 + \hat{A}_2 \cdot 14) \pm \Delta = 7,14 \pm 0,36$

и в Азовское море – $Y_{2012} = 1/(\hat{A}_2 + \hat{A}_2 \cdot 14) \pm \Delta = 1,44 \pm 0,26$.

Таким образом, сброс загрязнённых сточных вод в моря будет сокращаться. То есть благодаря принятым мерам ситуация со сбросом промышленных сточных вод меняется в лучшую сторону. С появлением новых современных систем водоочистки задачи по очистке сточных вод начали находить свои решения. В настоящее время существуют различные технологические схемы и разнообразное оборудование для их очистки. Ассортимент оборудования включает в себя аппараты из различных областей промышленности, адаптированные под необходимые требования. Имеющийся ассортимент оборудования очистки сточных вод постоянно расширяется с появлением новых более эффективных технологий.

В последние годы начали больше задумываться над очисткой воды и экологией в целом. Затрачивают больше усилий и средств по борьбе с загрязнениями сточных вод, и тем самым понижая уровень объёма загрязнения.

Литература

1. Акимова, Т. А. Экология /Т.А. Акимова, А.П. Кузьмин, В.В. Хаскин. – М.: Изд-во Юнити, 2001.
3. Алексеев, С. В. Экология /С.В. Алексеев. – СПб.: Изд-во Смио Пресс, 1997.
4. Голик, Е.С. Системное моделирование. Ч.1. Имитационное моделирование. Факторный эксперимент: учебно-методический комплекс (учебное пособие) /Е.С. Голик, О.В. Афанасьева. – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2007. – 211с.
5. Голик, Е.С. Теория и методы статистического прогнозирования: учебное пособие/ Е.С. Голик, О.В. Афанасьева. – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2007. – 182с.
6. Степановских, А.С. Охрана окружающей среды /А.С. Степановских. – Москва: Изд-во Юнити, 2001.

Рецензент проф. Первухин Д.А.