

UDC 502.64

## **Practical Application of Sea Water Quality Mathematical Model for the Black Sea Coast of Sochi**

<sup>1</sup>Oleg A. Burunin<sup>2</sup>Lidia V. Prokhoda-Shumskikh

<sup>1</sup>Sochi State University, Russia  
26a, Sovietskaya Street, Sochi, 354000  
PhD (Technical), Professor

<sup>2</sup>Sochi State University, Russia  
26a, Sovietskaya Street, Sochi, 354000  
Senior lecturer  
E-mail: prohoda\_net@list.ru

**Abstract.** The article deals with an application of the developed model of the sea water quality for forecasting of coastal waters indicators change in the artificial coastal water areas of Sochi. Results of the researches conducted in relation to yacht port «Grand Marina Sochi» are considered.

**Keywords:** sea water quality; yacht port; forecasting of sea water quality; environmental monitoring.

**Введение.** При проектировании, строительстве, эксплуатации или реконструкции гидротехнических сооружений должно учитываться их влияние на состояние водных объектов и должны соблюдаться нормативы допустимого воздействия на водные объекты. Несмотря на интенсивное строительство и реконструкцию прибрежных рекреационных комплексов и морских портов в России, в настоящее время отсутствует современная методика прогнозирования влияния сооружений порта и его эксплуатации на качество морской воды в его акватории.

В рамках создания такой методики прогнозирования качества морской воды разработана системно-динамическая химико-биологическая модель [1], позволяющая оценить качество морской воды, в т.ч. и в полужамкнутых акваториях с ограниченным водообменом, к которым относятся порты и яхт-гавани. В основу модели заложено совместное описание циклов двух биогенных элементов – фосфора (взвешенный органический, растворенный органический, фосфаты) и азота (взвешенный органический, растворенный органический, нитраты, нитриты, аммоний). Модель реализована в программной среде системно-динамического моделирования «PowerSim» и позволяет выявить динамику процессов, протекающих в сложной экологической системе, прогнозировать состояние системы во времени, принимать решения, анализировать проблемные ситуации.

В [2] уже рассматривалось применение вышеуказанной модели для прогнозирования динамики качества воды в акватории при заданной интенсивности промывки и источниках загрязнений для гидротехнического объекта «Остров «Федерация»», располагаемого на Черноморском побережье Сочи.

На территории существующего морского порта г. Сочи на побережье Чёрного моря с целью создания международного центра морских пассажирских и круизных перевозок запланировано строительство яхтенного порта (вместе с технической зоной) «Гранд-Марина Сочи» вместимостью до 200 яхт (рис. 1).



Рис. 1. Макет проектируемой марины

Разработанная модель [1] использовалась для прогнозирования изменения показателей качества морской воды в зависимости от времени года, в случае сброса неочищенных сточных вод в акваторию проектируемой марины в морском порту г. Сочи с учётом интенсивности водообмена акватории порта и марины с основной акваторией моря.

Качество морской воды рассматривалось в химико-биологическом контексте, поэтому в качестве параметров, по которым оценивалось состояние акватории проектируемой марины, были отобраны: фосфаты, нитраты, нитриты, растворённый кислород и азот аммонийный. В качестве загрязнителей, попадающих с берега с хозяйственно-бытовыми стоками, рассматриваются фосфаты и азот аммонийный. В качестве исходных данных о фоновых концентрациях основных загрязняющих веществ в морской воде в акватории Сочинского морского порта и в морской воде в открытом море в районе порта Сочи использовались данные ГУ «СЦГМС ЧАМ» за 2008-2009 гг.

Расчетный расход бытовых стоков в акваторию проектируемой марины составляет 162,9 м<sup>3</sup>/сут, а объём воды в акватории составляет 632199,4 м<sup>3</sup>. Состав и качество бытовых сточных вод приняты согласно требованиям СНиП 2.04.03-85 «Канализация. Наружные сети и сооружения». Черное море относится к рыбохозяйственным объектам высшей категории, поэтому для расчета также использовались соответствующие значения ПДК для очищенных сточных вод.

Моделирование изменения показателей качества морской воды в случае сброса неочищенных сточных вод в акваторию проектируемой марины проводилось для эксплуатационного периода, то есть в предположении, что все проектируемые гидротехнические сооружения круизной и яхтной гаваней построены в полном объеме (рис. 2).

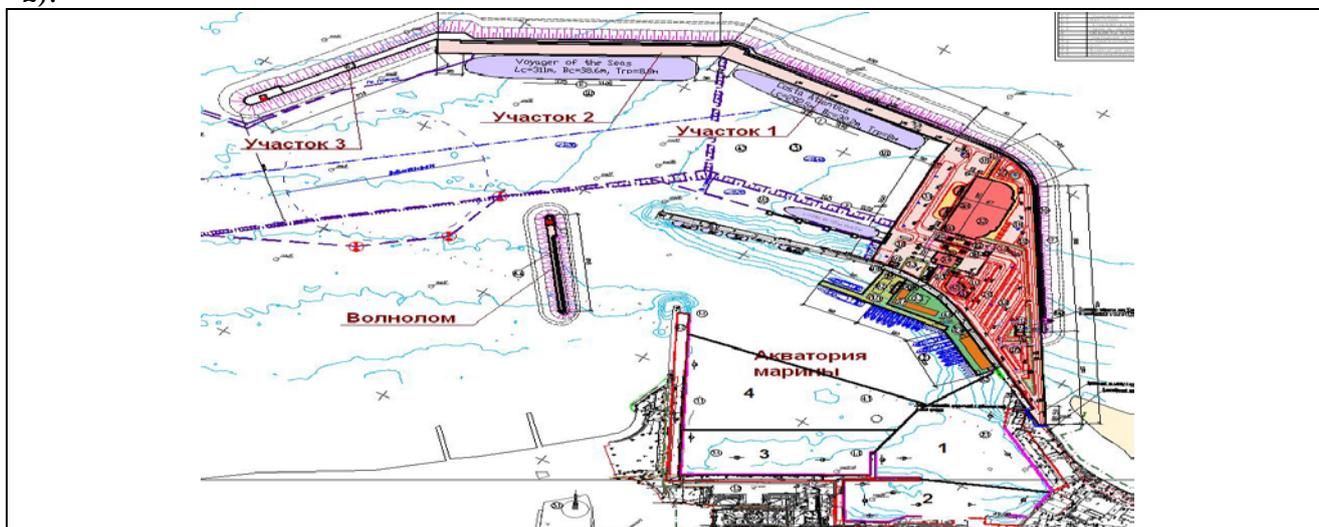


Рис. 2. Принятая компоновка гидротехнических сооружений

## для реконструкции порта Сочи

Так как процессы трансформации биогенов интенсифицируются летом и замедляются зимой, то было принято, что аварийные сбросы происходят в июле и феврале.

Начальные концентрации веществ брались завышенными в предположении, что аварийный сброс неочищенных сточных вод в объеме 162,9 м<sup>3</sup> уже произошёл, а также с учётом кратности разбавления сточных вод и концентраций этих веществ в неочищенных сточных водах.

Результаты прогнозирования изменения основных показателей качества морской воды без учёта водообмена в акватории проектируемой марины на примере фосфатов (PO<sub>4</sub>) и растворённого кислорода (O<sub>2</sub>) для июля и февраля приведены на рис. 3 и рис. 4.

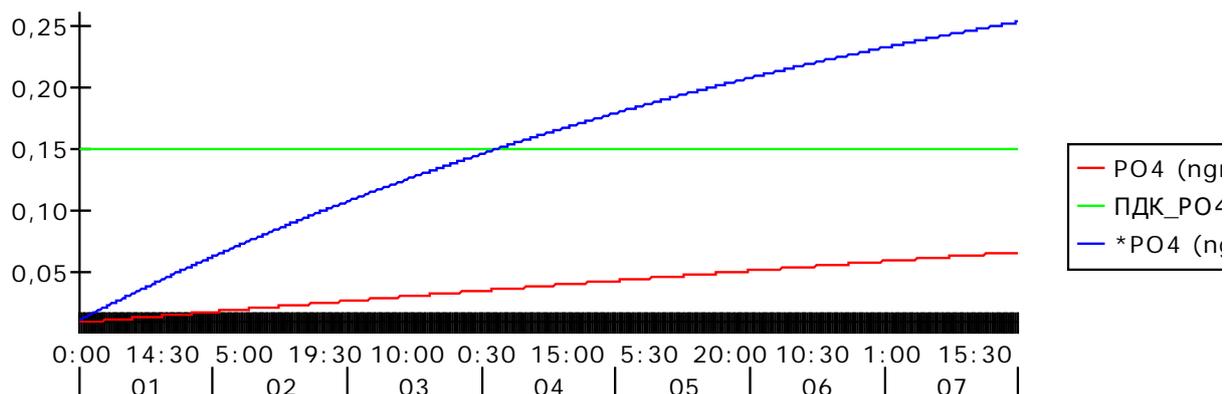


Рис. 3. Изменение концентрации растворённого кислорода в акватории проектируемой марины для июля (синяя линия) и февраля (красная линия).

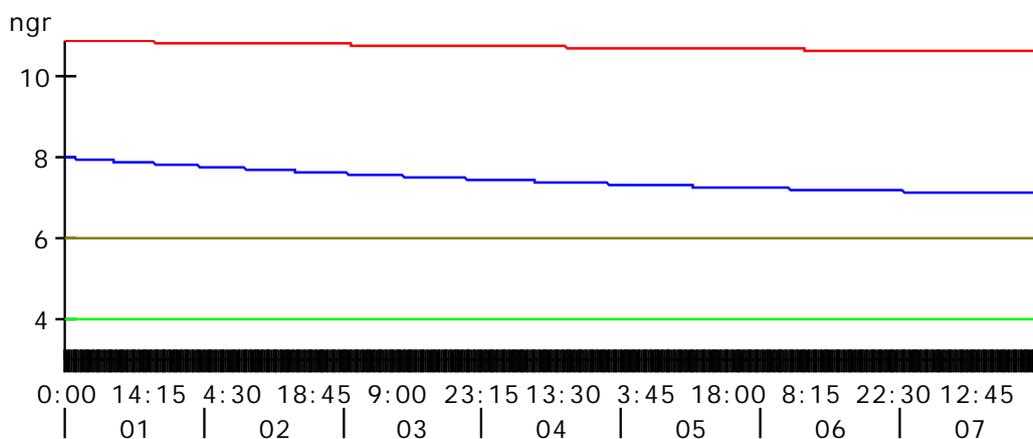


Рис. 4. Изменение концентрации фосфатов в акватории проектируемой марины для июля (синяя линия) и февраля (красная линия).

Фосфаты и растворённый кислород являются наиболее характерными показателями для оценивания процесса эвтрофикации водоёма.

Анализ результатов показывает, что в летний период концентрация фосфатов превышает ПДК уже на 3 день, при одновременном резком уменьшении растворённого кислорода. Это свидетельствует о начале процесса эвтрофикации водоёма и его активном «цветении». Зимой наблюдается незначительное уменьшение кислорода из-за низкой температуры воды. Однако зимой происходит аккумуляция остальных загрязняющих веществ (нитратов, нитритов и аммония) вследствие снижения скорости трансформации веществ.

Так как акватория проектируемой марины имеет сложную геометрическую форму, то при моделировании изменения показателей качества морской воды в случае сброса

неочищенных сточных вод в акваторию учитывался не только внешний водообмен (с открытым морем), но и внутренний водообмен (внутри акватории между различными участками).

Для этого акваторию марины разбивалась на 4 участка (рис. 2). При разбиении акватории марины на участки учитывались следующие параметры: направление и величина скорости придонного течения, так как сточные воды попадают в акваторию через глубоководный выпуск, и средняя глубина в гавани.

Результаты прогнозирования изменения основных показателей качества морской воды в акватории проектируемой марины были выполнены для различных ситуаций с использованием разработанной системно-динамической модели. Пример прогнозирования качества воды приведен на рис. 5.

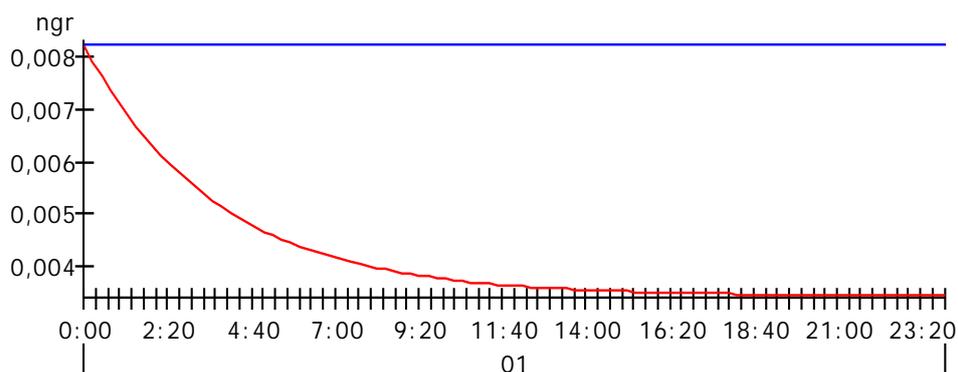


Рис. 5. Изменение концентрации нитритов на 2 участке проектируемой марины для одного из сценариев

**Заключение.** Расчеты показали, что наиболее неблагоприятная обстановка складывается на участках 1, 2 и 3. На участке 1 находится глубоководный водовыпуск и техническая зона, на участках 2 и 3 низкие скорости поверхностного и придонного течений.

#### Примечания:

1. Прохода-Шумских Л.В., Кантаржи И.Г., Дрейзис Ю.И. Применение системно-динамической модели для прогнозирования качества воды в прибрежной зоне моря // Вестник МГСУ, спецвыпуск №1, 2010. С. 66-73.

2. Прохода-Шумских Л.В., Кантаржи И.Г. Прогнозирование изменения качества морской воды в результате антропогенного воздействия. Строительство-формирование среды жизнедеятельности./ Сб. научн. тр. М., 2012. С. 57-63.

3. Кантаржи И.Г., Якушев Е.В., Прохода-Шумских Л.В. Динамическая модель качества воды // «ОПиПМ», 2007, т.14, в.2. С. 306-308

УДК 502.64

### Практическое применение математической модели качества морской воды для черноморского побережья Сочи

<sup>1</sup>Олег Алексеевич Бурунин

<sup>2</sup>Лидия Васильевна Прохода-Шумских

<sup>1</sup>Сочинский государственный университет, Россия  
354000, г. Сочи, ул. Советская, 26-А

доктор технических наук, профессор

<sup>2</sup>Сочинский государственный университет, Россия  
354000, г. Сочи, ул. Советская, 26-А

старший преподаватель