

## Экологическое прогнозирование загрязнения водных сред тяжелыми металлами

*В.Ю. Вишневецкий, В.С. Ледяева*

*Южный федеральный университет*

**Аннотация:** Давно обнаружена прямая связь между качеством питьевой воды и продолжительностью жизни человека. Тяжелые металлы, попадая в наш организм, в нем и остаются, вывести их можно только с помощью белков молока и белых грибов. Они не только отравляют организм человека, они еще и механически засоряют его – ионы тяжелых металлов оседают на стенках тончайших систем организма и засоряют почечные каналы, каналы печени, таким образом, снижая фильтрационную способность этих органов. Соответственно, это приводит к накоплению токсинов и продуктов жизнедеятельности клеток нашего организма, то есть происходит самоотравление организма.

Экологическое прогнозирование основывается на расчете различных вариантов поведения природных систем, на которые оказывают влияние как естественные процессы, так и антропогенная нагрузка. Поэтому целесообразно при проведении экологического мониторинга использовать пространственное моделирование распространения загрязняющих веществ в водной среде, которое позволит наглядно увидеть распределение загрязняющих веществ и выявить динамику загрязнения, в том числе и по тяжелым металлам. Представлены результаты моделирования распределения загрязняющих веществ в акватории Таганрогского залива.

**Ключевые слова:** Экологическое прогнозирование, экологический мониторинг, питьевая вода, тяжелые металлы, загрязнение вод, Таганрогский залив, пробоотбор, геоинформационные системы, экологическая обстановка, методы прогнозирования.

В периодической системе Д.И. Менделеева существует более 40 химических элементов, у которых атомарная масса больше 50 единиц, они относятся к тяжелым металлам. Тяжелые металлы входят в состав многих ферментов, поэтому активно участвуют в биологических процессах. Группа "тяжелых металлов" во многом совпадает с понятием "микроэлементы".

Одним из самых распространенных химических загрязнений является загрязнение тяжелыми металлами. Вещества, которые могут попадать в воду из водопроводных труб, переходников, соединений, сварочных швов и др. (медь, железо, свинец) [1].

Давно обнаружена прямая связь между качеством питьевой воды и продолжительностью жизни человека. При потреблении питьевой воды, приеме водных процедур, тяжелые металлы поступают в организм человека и

в нем остаются, их вывод возможен с помощью белков молока и белых грибов. Достигая определенной концентрации в организме, они начинают свое негативное воздействие – вызывают отравления, мутации. Тяжелые металлы оказывают двойное воздействие на организм человека. С одной стороны они вызывают отравление, с другой механически засоряют его – ионы тяжелых металлов оседают на стенках тончайших систем организма, что приводит к засорению почечных каналов, каналов печени, таким образом, снижается фильтрационная способность этих органов.

В организме человека печень отвечает за переработку и токсичных веществ, которые попадают в наш организм, а почки выводят их наружу. При накоплении токсинов и продуктов жизнедеятельности клеток нашего организма происходит самоотравление организма [2].

Экологическая обстановка в Таганроге зависит от ряда факторов, в том числе от географического положения, особенностей рельефа, состояния дел в промышленном секторе экономики и на транспорте, а также экологической грамотности и ответственности руководителей и специалистов предприятий, учреждений и населения города [6].

Объектом нашего исследования является Таганрогский залив, который расположен в северо-восточной части Азовского моря и является его крупнейшим изолированным заливом. От Азовского моря Таганрогский залив отделяется двумя косами – Долгой и Белосарайской. Таганрогский залив имеет очень ровный рельеф дна и небольшую глубину по сравнению с Азовским морем, его средняя глубина составляет 4,9 м. Длина залива составляет около 140 км, ширина у входа 31 км, площадь примерно 5600 квадратных километров. Таганрогский залив обычно замерзает с декабря по март, иногда в мягкие зимы может не замерзать. Для залива характерны шееобразные течения с суточным периодом, направленные днем к реке, а

ночью в море, вызывающие суточные колебания уровня. При сильном ветре такие колебания исчезают [7].

По данным государственного экологического мониторинга водных объектов, за последние несколько лет, значительно улучшилось качество воды в Таганрогском заливе. В 2010 году в районе города Таганрог произведен 4-х разовый отбор проб морской воды на 19 пунктах наблюдения. Планомерная реализация мероприятий, направленных на охрану вод Таганрогского залива, способствовала улучшению качества воды в Таганрогском заливе. По информации ФГУ «Азовморинформцентр» улучшение качества воды наблюдается начиная с 2004 года. Индекс загрязнения воды (ИЗВ) постоянно снижается и в 2009-2010 г.г. вода в заливе характеризуется как «чистая», тогда как в период 2004 – 2008г. г. вода относилась к категории «умеренно загрязненная», в 2003г. – «грязная». Несмотря на положительную динамику, не все проблемы охраны вод от загрязнения решены. В отдельных пунктах были выявлены превышения ПДК по марганцу, алюминию, железу, нитритам, но случаи загрязнения вод Азовского моря в районе г. Таганрога носили разовый характер, и это не оказало существенного влияния на показатели качества вод в фоновых пунктах наблюдения моря в целом. В 2012 году класс качества морских вод Таганрогского залива в районе Таганрога остался на прежнем уровне – II класс – «чистая». Значение индекса загрязнения вод улучшилось и составило 0,61. Произошло это за счет снижения среднегодовых концентраций основных показателей, используемых для расчета индекса (в 2010 и в 2011 годах это медь, железо и алюминий) и роста среднегодовых концентраций растворенного кислорода. Из 19 пунктов наблюдения, используемых для анализа качества морских вод в районе г. Таганрог, наиболее загрязненная вода в пункте наблюдения – Бухта Андреева – относилась к III классу – «умеренно загрязненная» [4].

---

В районе бухты Андреева Таганрогского залива морские воды загрязнены нефтепродуктами, алюминием, марганцем, в донных осадках большое количество цинка. В этом районе находится шламонакопитель металлургического завода, дренажные воды которого, поступающие в Таганрогский залив Азовского моря загрязнены нефтепродуктами, цинком, обладают повышенной щелочностью (рН 11.63).

Было рассмотрено 13 пунктов пробоотбора (створов), расположение которых на карте, представлено на рисунке 1, а описание каждого из пунктов приведено в таблице 1.

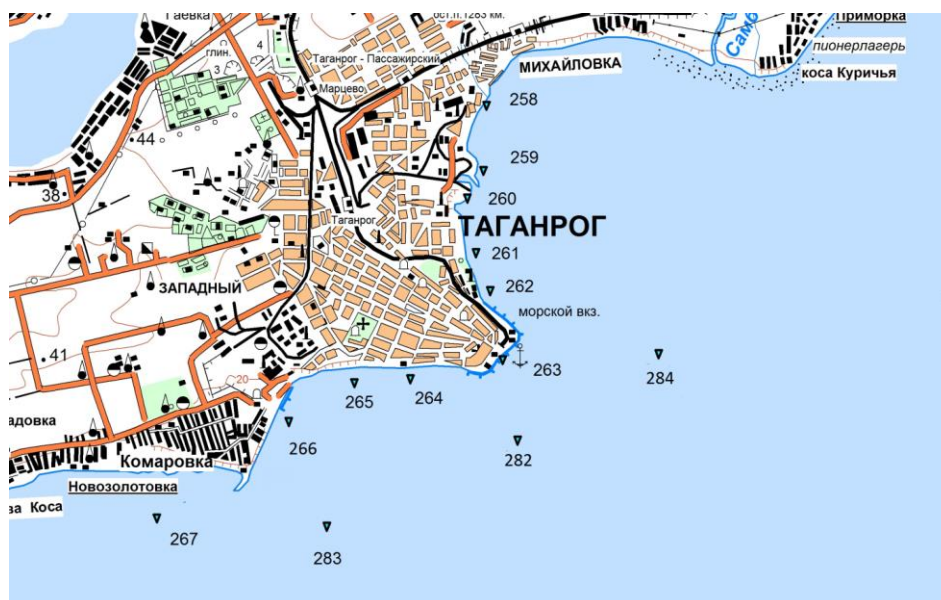


Рис. 1. – Карта Таганрогского залива с нанесенными точками пробоотбора

Таблица 1

Пункты пробоотбора и их описание

Номер створа	Описание
258	Устье р. Валовая балка (пляж Михайловский), г. Таганрог
259	В районе влияния шлакоотвала ОАО "Тагмет"
260	Бухта Андреева
261	Пляж Солнечный
262	Яхт – клуб
263	Порт Таганрог
264	Пляж Центральный

265	Пляж Приморский
266	Пляж Петрушино
267	В районе выпуска очистных сооружений, г. Таганрог
268	Сброс в бухту Андреева в районе шламонакопителя
282	Влияние канала порта Таганрог в районе города Таганрога
283	Влияние сброса ОАО "ТАГАЗ"
284	Влияние г. Таганрога, 3 км от берега

Информация о динамике и фактических уровнях загрязнения позволяет использовать эти данные для оценки эффективности осуществления природоохранных мероприятий с учетом тенденций и динамики происходящих изменений.

Представленные графики отражают динамику изменения концентраций загрязняющих веществ (медь, цинк, свинец, кадмий) в Таганрогском заливе за 10 лет (2002-2011 г.г.) в пяти точках пробоотбора вблизи города.

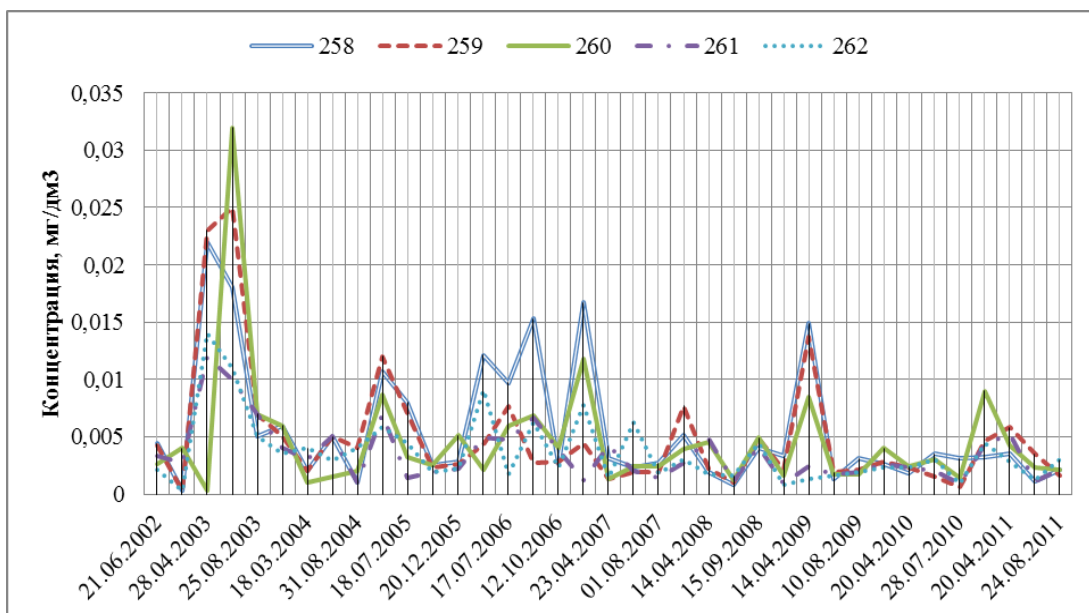


Рис. 2. – Динамика загрязнения Таганрогского залива медью в период с 21.06.2002 по 24.08.2011

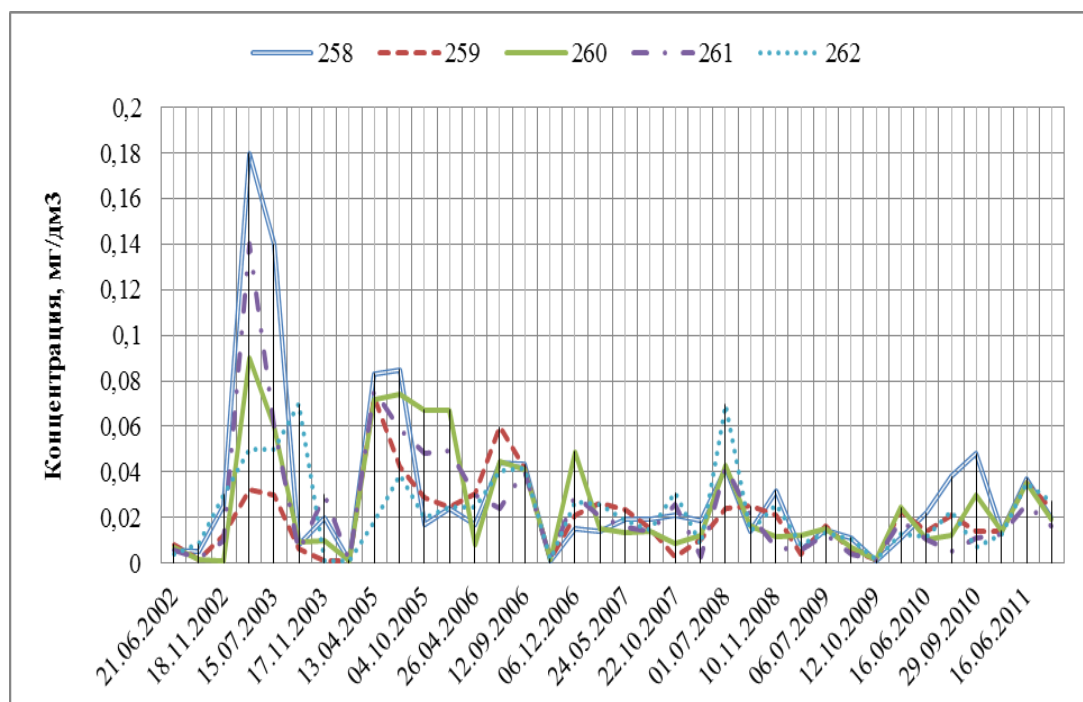


Рис. 3. – Динамика загрязнения Таганрогского залива цинком в период с 21.06.2002 по 24.08.2011

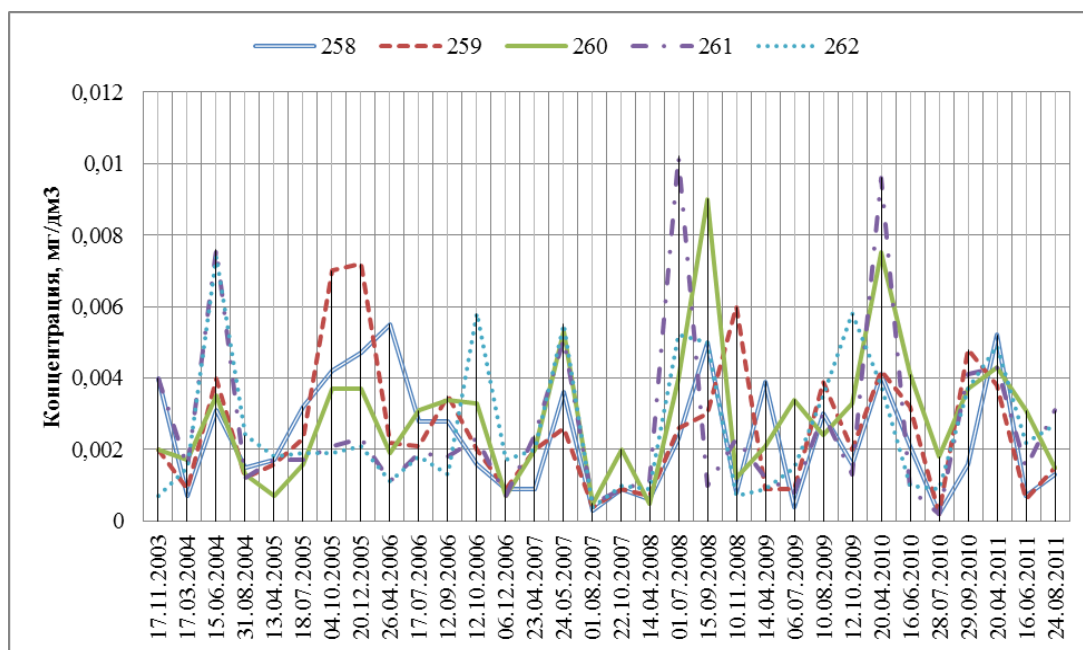


Рис. 4. – Динамика загрязнения Таганрогского залива свинцом в период с 21.06.2002 по 24.08.2011



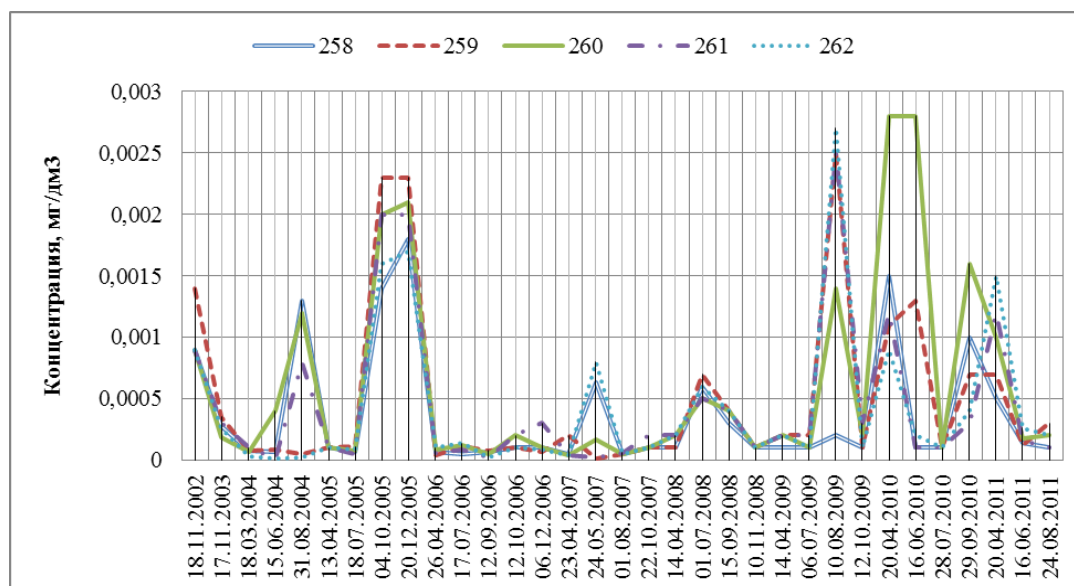


Рис. 5. – Динамика загрязнения Таганрогского залива кадмием в период с 21.06.2002 по 24.08.2011

На основании полученных графиков можно сделать вывод, что наблюдается четкая тенденция к снижению загрязнения вод Таганрогского залива медью, цинком. Применительно к свинцу и кадмию наблюдается тенденция увеличения их концентраций, загрязнение же нефтепродуктами остаются примерно на одинаковом уровне, не учитывая двух резких скачков увеличения концентрации в 2006 и 2007 годах.

Наблюдая такую тенденцию по уровню загрязненности воды в Таганрогском заливе целесообразно разработать систему прогнозирования экологической обстановки, чтобы избежать снижения уровня загрязненности воды в Таганрогском заливе. Но для того чтобы разработать систему прогнозирования экологической обстановки необходимо найти самый подходящий метод прогнозирования. Поэтому, рассмотрим современный метод экологической обстановки.

В современном прогнозировании ведущие позиции занимает метод экспертной оценки. В экологии прямой экспертной деятельностью можно считать экологическую экспертизу, которая базируется на экологи-

экономико-социальном исследовании, анализе и оценке объекта экспертизы в целях принятия решения [9].

В настоящее время для экологического прогнозирования открываются возможности использования современных геоинформационных систем (ГИС), позволяющие выполнять пространственно-временной прогноз [10].

На первом этапе моделирования необходимо осуществить координатную привязку карты к местности, что является обязательным условием работы с геоинформационной системы. Такая привязка обеспечивает возможность для хранения, обновления как графической, так и связанной с графическими объектами атрибутивной информации, поэтому все точки пробоотбора, занесенные в базу данных имеют свои координаты.

В таблице 2 приведены числовые значения концентраций такого загрязняющего вещества, как медь.

Таблица 2

Номер створа	Концентрации меди		
	Концентрация, мг/дм <sup>3</sup>		
	20.04.2011	16.06.2011	24.08.2011
258	0,0021	0,0011	0,0018
259	0,0015	0,0035	0,0023
260	0,0021	0,0023	0,0024
261	0,0031	0,0011	0,0023
262	0,003	0,0012	0,0023
263	0,0029	0,0038	0,0046
264	0,0057	0,0034	0,0032
265	0,006	0,0049	0,0034
266	0,0027	0,0046	0,0034
267	0,0045	0,0039	0,0028
282	0,0039	0,0058	0,0019



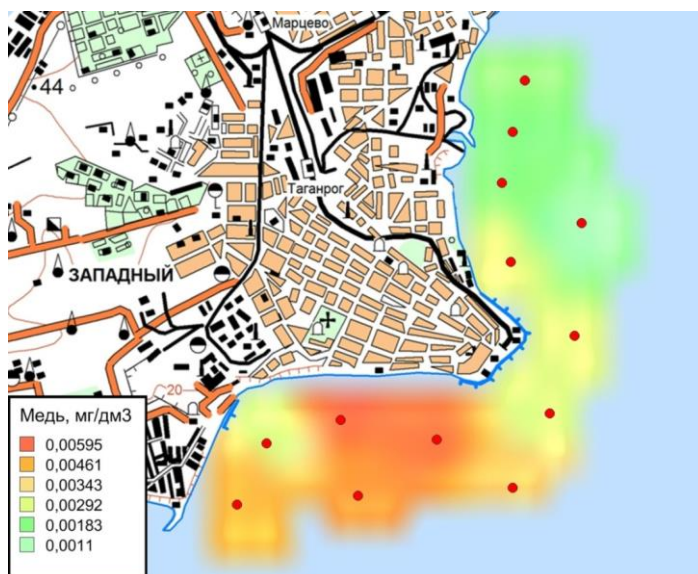


Рис. 6. – Пространственное моделирование загрязнения Таганрогского залива медью на 20.04.2011

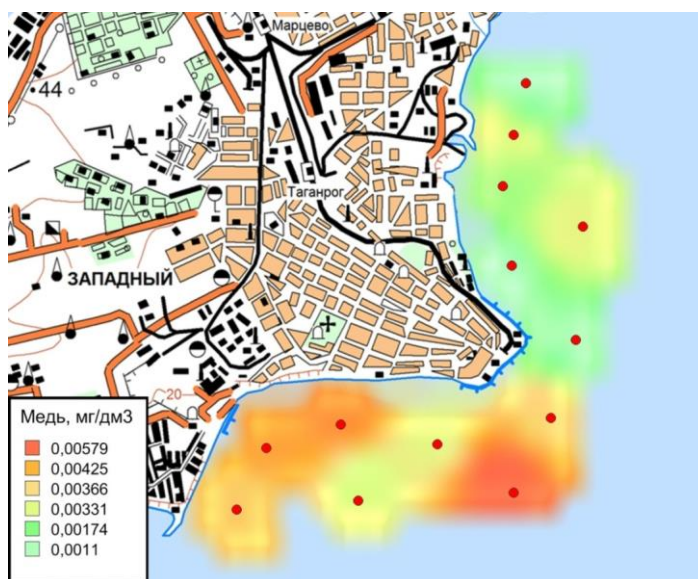


Рис. 7. – Пространственное моделирование загрязнения Таганрогского залива медью на 16.06.2011

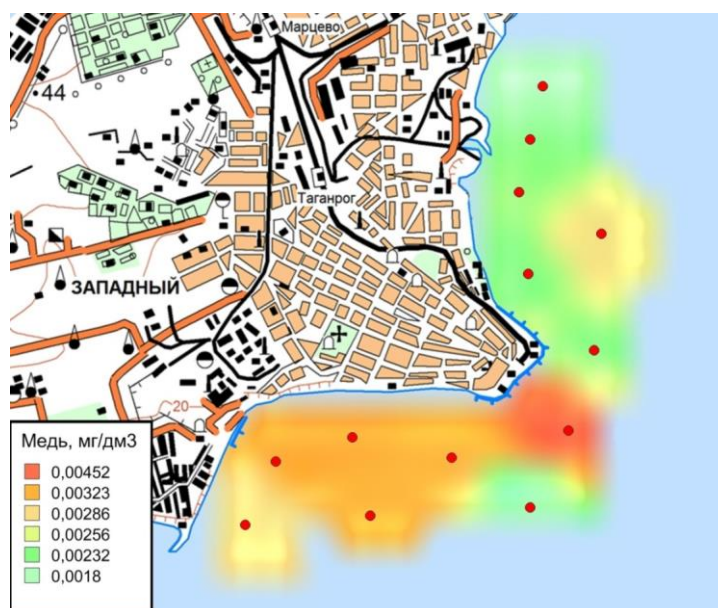


Рис. 8. – Пространственное моделирование загрязнения Таганрогского залива медью на 28.0482011

Построение данных моделей распределения загрязняющих веществ позволяет учесть пространственную неоднородность распределения загрязнения водной среды. Полученные карты загрязнения обладают высокой степенью наглядности, что упрощает восприятие полученных данных [7].

На основании полученных моделей можно увидеть, что загрязнение медью в большей степени охватывает южную часть залива вблизи побережья города, а именно пляж Центральный, пляж Приморский, пляж Петрушино, а также район порта.

Каждый из существующих методов прогнозирования имеет свои достоинства и недостатки. Предложенная модель позволяет наглядно наблюдать распространение загрязняющих веществ в акваториях. Использование ГИС-технологий в вопросах решения прогнозирования экологической обстановки является необходимым.

### Литература:

1. Фомин Г.С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. Энциклопедический справочник.- М: Изд-во «Протектор», 2000. – 848 с.
2. Вода России. Математическое моделирование в управлении водопользования / под науч. ред. А.М. Черняева. – Екатеринбург: Изд-во «Аква-Пресс», 2001. – 520 с.
3. Вишневецкий В.Ю., Ледяева В.С. Влияние качества питьевой воды на организм человека. // Материалы Шестой Всероссийской научной конференции «Экология 2011 – море и человек». – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2011 – С 54 – 60.
4. Bewers J.M., Yeats P.A. Trace metals in the waters of a partially mixed estuary. -Estuarine and Coastal Marine Science, 1978, v. 7, p. 147-162.
5. Майстренко В.Н., Хамитов Р.З., Будников Г.К. Экологический мониторинг суперэкоотоксикантов. М.: Химия, 1996. 320 с.
6. Вишневецкий В.Ю., Ледяева В.С. Выбор маркерных тяжелых металлов для оценки степени токсичности воздействия на организм человека. // Известия ЮФУ. Технические науки – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2013. – №9. – С. 170-176;
7. Nollet, Leo M.L., ed. (2007). Handbook of Water Analysis. New York: Marcel Dekker. ISBN 0-8247-8433-2.
8. ГИС MapInfo Professional®//[Электронный ресурс] – URL: [estimap.ru/Программнообеспечение/PBMapInfo/MapInfoProfessional/tabid/48/Default.aspx](http://estimap.ru/Программнообеспечение/PBMapInfo/MapInfoProfessional/tabid/48/Default.aspx) Дата доступа: 24.04.1014
9. Black P.E. Watershed function. J. Amer. Water Resources Association, 1997, v.33, No 1, p.1-11.



10. Stribling J. B. & Davie S.R., "Design of an environmental monitoring programme." Proceedings of the 2005 Georgia Water Resources Conference, April 25–27, 2005.

### References:

1. Fomin G.S. Voda. Kontrol' himicheskoy, bakterial'noj i radiacionnoj bezopasnosti po mezhdunarodnym standartam. Jenciklopedicheskij spravochnik.- M: Izdatel'stvo «Protektor», 2000. – 848 s.

2. Voda Rossii. Matematicheskoe modelirovanie v upravlenii vodopol'zovanija / pod nauch. red. A.M. Chernjaeva. – Ekaterinburg: Izd-vo «Akva-Press», 2001. – 520 s.

3. Vishneveckij V.Ju., Ledjaeva V.S. Vlijanie kachestva pit'evoy vody na organizm cheloveka. // Materialy Shestoj Vserossijskoj nauchnoj konferencii «Jekologija 2011 – more i chelovek». – Taganrog: Izd-vo TTI JuFU, 2011 – S 54 – 60.

4. Bowers J.M., Yeats P.A. Trace metals in the waters of a partially mixed estuary. -Estuarine and Coastal Marine Science, 1978, v. 7, p. 147-162.

5. Majstrenko V.N., Hamitov R.Z., Budnikov G.K. Jekologicheskij monitoring superjekotoksikantov. M.: Himija, 1996. 320 s.

6. Vishneveckij V.Ju., Ledjaeva V.S. Vybor markernyh tjazhelyh metallov dlja ocenki stepeni toksichnosti vozdeystvija na organizm cheloveka. // Izvestija JuFU. Tehnicheskie nauki – Taganrog: Izd-vo JuFU, 2013. – №9. – S. 170-176;

7. Nollet, Leo M.L., ed. (2007). Handbook of Water Analysis. New York: Marcel Dekker. ISBN 0-8247-8433-2.

8. GIS MapInfo Professional@[Jelektronnyj resurs] – URL: [esti-map.ru/Programmnoeobespechenie/PBMapInfo/MapInfoProfessional/tabid/48/Default.aspx](http://esti-map.ru/Programmnoeobespechenie/PBMapInfo/MapInfoProfessional/tabid/48/Default.aspx) Data dostupa: 24.04.1014



9. Black P.E. Watershed function. J. Amer. Water Resources Association, 1997, v.33, No 1, p.1-11.

10. Stribling J. B. & Davie S.R., "Design of an environmental monitoring programme." Proceedings of the 2005 Georgia Water Resources Conference, April 25–27, 2005.