

ненная по стандарту OpenGIS, рекомендованному Open GIS Consortium в документе Simple Features Specifications For SQL [2, 3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Council directive 1999/30/EC of 22 April 1999 relating to limit values for sulphur dioxide, nitrogen dioxide and oxides of nitrogen, particulate matter and lead in ambient air. - http://europa.eu.int/smartapi/cgi/sga_doc?smartapi!celexplus!prod!DocNumber&lg=en&type_doc=Directive&an_doc=1999&nu_doc=30 (02.02.2004)
2. Spatial Extensions in MySQL. - http://www.mysql.com/doc/en/GIS_introduction.html (02.02.2004)
3. OpenGIS® Specifications. - <http://www.opengis.org/specs/?page=specs> (20.11.2003).

УДК 504.453: 551.482.212:681.513.8

аспирантка Л.Г. Голубева (ДонГТУ)

МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ТЕХНОГЕННО РАЗВИТЫХ РЕГИОНОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Викладено результати наукових досліджень динаміки якості вод промислово розвиненого регіону. Наведено наукове обґрунтування структури моніторингової системи та пропозиції щодо організації процедур регіонального моніторингу вод.

MONITORING OF QUALITY OF WATER RESOURCES MAN-CAUSED OF THE ADVANCED REGIONS WITH APPLICATION OF STATISTICAL METHODS OF MODELLING

Results of scientific researches of dynamics of quality of waters of industrially advanced region are stated. The scientific substantiation of structure monitoring systems is resulted and offers on the organization of procedures of regional monitoring waters are put forward.

Проблема качества водных ресурсов является одной из важнейших экологических проблем в мире и в нашей стране. Особенно критическим оказалось состояние рек маловодных промышленно развитых регионов, подобных Донбасу. Значительную долю стока многих рек здесь составляют шахтно-рудничные воды, наибольшей токсичностью обладают сточные воды металлургических и коксохимических предприятий. Самоочистительная способность многих водотоков нарушена и на отдельных участках они представляют собой экологически опасные для человека объекты [1].

Современное состояние проблемы вызвало попытки государственных органов создать единую национальную систему мониторинга вод, которая смогла бы оперативно предоставлять информацию о состоянии вод с целью предотвратить превышение экологической емкости водных экосистем при их использовании в народном хозяйстве [2-3].

Донецким техническим университетом были разработаны предложения по созданию региональной системы мониторинга вод Донецкой области в составе общей региональной системы мониторинга окружающей среды [4]. Установлен регламент сбора, обработки, хранения данных, а также их анализа динамики и

прогноза значений показателей качества воды.

Основными компонентами системы регионального мониторинга вод являются:

- 1) сеть обязательных и факультативных постов (пунктов) наблюдения и точек отбора проб;
- 2) методы и средства отбора и лабораторного анализа проб;
- 3) система компьютерной обработки первичной информации и разноуровневые базы гидроэкологических данных (создаваемые на местных, районных, областных или ведомственных уровнях);
- 4) центральный специализированный банк данных всех гидроэкологических показателей, необходимых для оценивания и прогнозирования основных количественных характеристик состояния водных экосистем и качества природных вод (их создают на национальном или региональном уровнях);
- 5) имитационные математические модели гидроэкологических, гидрохимических и гидробиологических процессов, которые происходят в водных объектах;
- 6) информационно-экспертная система для гидроэкологической оценки и прогнозирования качества природных вод и состояния водных экосистем.

При необходимости такая система может использовать дополнительные данные с постов контроля загрязненности атмосферы, подземных вод и почв. Это может потребоваться в случае, если определяют влияние загрязнения этих компонентов природной среды на качество воды и состояние водных экосистем.

Всю полученную информацию надо статистически обрабатывать с последующим накоплением ее в виде локальных, местных, районных, областных, национальных, региональных баз данных.

Информация, накапливаемая в банках данных, дает возможность оценивать, прогнозировать и регулировать состояние водных экосистем и качество природных вод. Полученная гидроэкологическая информация и созданная система оценки показателей вместе с формализованными методами управления базами данных и методами математического моделирования обеспечивают возможность на основе накопленной информации о водных объектах принимать необходимые решения, направленные на регулирование определенных показателей состояния окружающей природной среды с целью улучшения состояния водных экосистем и качества природных вод (второй блок структуры системы мониторинга природных вод).

Основные структурные подразделения системы мониторинга вод:

1. Специализированная база нормативных обязательных и факультативных гидроэкологических показателей, разделенных на специальные блоки (банк данных).
2. Экспертная система оценивания всех поступающих в базы данных показателей с классификацией водных экосистем и качества природных вод в зависимости от их экологического состояния.
3. Набор имитационных математических моделей, которые описывают ди-

намику основных показателей качества природных вод с учетом антропогенной нагрузки, водного и теплового режима и т.п.

База данных первичного мониторинга вод и система критериев их оценки с соответствующим математическим обеспечением дают возможность определить качество природных вод, установить, к какому классу они принадлежат, ретроспективно оценить состояние водных экосистем, степень их эвтрофикации, а также обнаружить другие функциональные особенности экосистем [5].

Процедуру мониторинга состояния водных объектов в региональной системе экологического мониторинга можно представить следующим образом.

Первый этап - определение перечня объектов исследования, расположения и количества точек замеров, набор показателей, подлежащих контролю. Затем следует определение закономерностей динамики основных показателей состояния водного объекта, методов и средств формализации и математического описания разных гидроэкологических процессов. Этап завершается созданием баз данных, содержащих временные ряды показателей состояния водных объектов и перечня методов и средств их оценки.

На следующем этапе с помощью математического аппарата строятся математические модели основных гидрологических, гидрохимических и гидробиологических процессов и явлений, происходящих в водных объектах.

На третьем этапе определяют систему имитационных математических моделей для проведения численного эксперимента и осуществляют калибровку (верификацию) построенных математических моделей с использованием тестовых задач и данных натурных наблюдений относительно конкретных водных объектов.

На четвертом этапе завершают верификацию математических моделей с учетом разных вариантов развития того ли иного гидроэкологического процесса и условий, в которых он может происходить. Составляют возможные сценарии функционирования моделируемой системы, чтобы обнаружить механизмы и параметры управления этой системой, ее биопродуктивностью и качеством природных вод.

Нами была исследована динамика показателей качества воды реки Кальмиус за последние 11 лет (1992 – 2003 гг.). Пробы воды отбирались ниже г. Донецка ежемесячно государственными субъектами мониторинга (Донецкий областной центр по гидрометеорологии, Северско-Донецкое бассейновое управление водных ресурсов). В качестве основной группы методов моделирования динамики качества природных вод нами были выбраны методы анализа временных рядов, реализованные в большинстве прикладных статистических пакетов программ. В частности, хорошо описывает динамику гидрохимических показателей воды водотоков метод авторегрессии и проинтегрированного скользящего среднего (АРПСС), реализованный в пакете STATISTICA [6,7]. Общий вид модели, используемой для описания сезонных стохастических процессов, можно представить выражением:

$$z_t = \phi_1 z_{t-1} + \dots + \phi_p z_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_q a_{t-q},$$

где z_t – зависимая переменная, t – время, ϕ – оператор авторегрессии, p – параметр скользящего среднего, a_t – белый шум, θ – оператор скользящего среднего, q – параметр авторегрессии.

Например, для показателей, характеризующих динамику содержания ингредиентов группы азота (содержание ионов аммония и нитрат-ионов) и хлорид-ионов преимущественной моделью является АРПСС (1,1) – оба параметра (p и q) не равны нулю.

Рассмотрим процесс построения модели динамики химических показателей качества воды водотоков на примере модели временного ряда концентраций ионов хлора Cl^- в речной воде. Исследуемая выборка представляет собой результаты ежемесячных замеров качества воды за период 7 лет (рис. 1). Длина ряда данных составляет 91 замер.

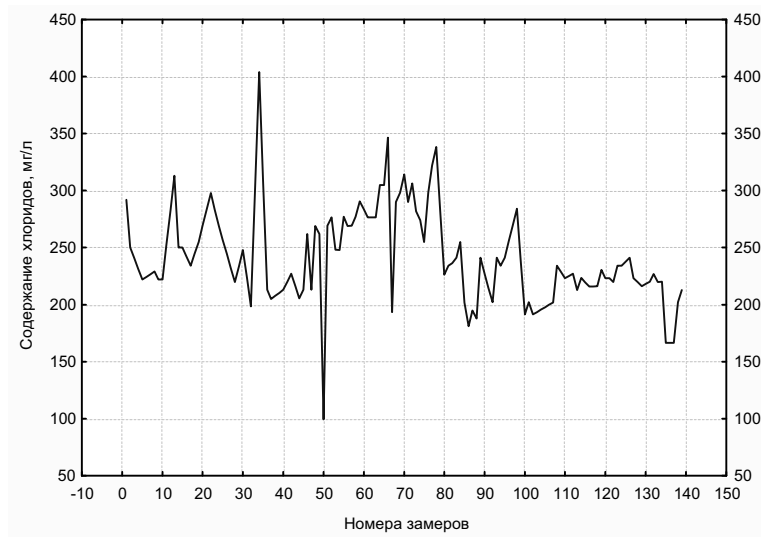


Рис. 1. - Динамика содержания хлоридов в воде р. Кальмиус с 1992 по 2003 г.

Так как часто исходный ряд не является стационарным, перед оценкой параметров модели берется разность между соседними значениями показателя в ряду с лагом 1. Следовательно, модель имеет вид АРПСС (1,1,1).

Рассмотрим основные статистические характеристики построенной модели (рис. 2, табл. 1). Остатки модели (разности между прогнозируемыми и фактическими значениями) ложатся на прямую, ошибки оценок параметров удовлетворяют требованиям к точности модели.

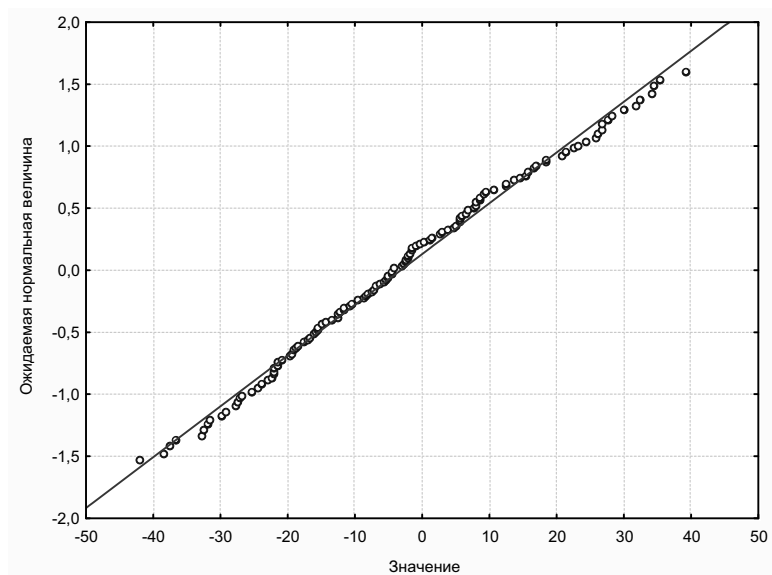


Рис. 2 - Нормальный вероятностный график распределения остатков модели динамики содержания хлоридов.

То есть, модель адекватна и может быть использована для построения прогноза динамики моделируемого показателя.

Таблица 1.- Оценки параметров модели и их основные описательные статистики.

Параметр	Оценка	Асимпт. станд. ошибка	Значение t-критерия	Уровень значимости p	Границы 95-% доверит. интервала	
					нижняя	верхняя
p	0,469019	0,113362	4,13737	0,000061	0,244840	0,693199
q	0,901399	0,062077	14,52065	0,000000	0,778638	1,024160

Модели, построенные на натуральных данных, показывают хорошую сходимость результатов прогноза с реальной динамикой временных рядов. Так, например, динамика уровня и состава подземных вод региона (рис. 3) также хорошо описывается моделями данного типа. Замеры проводятся специалистами одного из субъектов областной системы мониторинга вод - ГРГП «Донецкгеология» - в течение более чем 30 лет. Данные о динамике качества подземных вод могут быть использованы в региональной системе мониторинга водных ресурсов.

При анализе динамики показателей, характеризующих подземные воды, четко прослеживается сезонная и многолетняя периодичность, которая иногда нарушается антропогенными воздействиями (подработка территорий, забор подземных вод и т.п.). В случаях изменения режима подземных вод используется метод авторегрессии с интервенцией, для этого часто требуется дополнительная информация об экзогенных причинах подобных изменений, которую накапливают и предоставляют субъекты мониторинга вод региона.

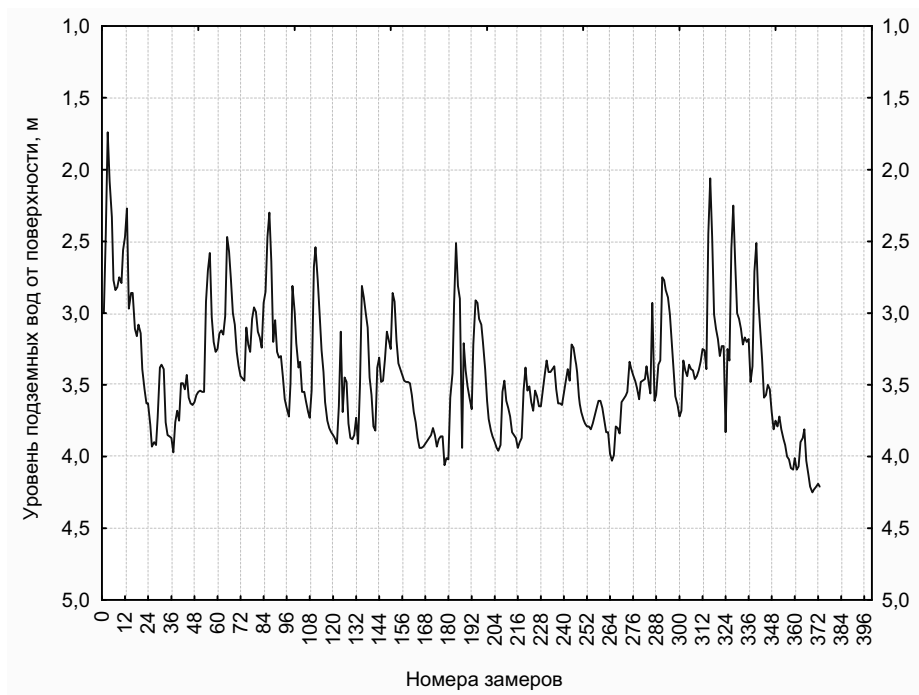


Рис. 3 – Динамика уровня подземных вод в Артемовском районе Донецкой области за 1970 – 2000 гг. (по данным ГРГП «Донецкгеология»).

Описанные методы моделирования и процедуры поиска оптимальных моделей предлагается использовать для прогнозирования и оценки динамики гидрохимических показателей состояния водных объектов в региональной системе мониторинга. Таким образом, на основе имеющейся сети наблюдений и разрабатываемых методов анализа и прогноза состояния водных ресурсов, а также при условии модернизации и унификации лабораторного обеспечения субъектов мониторинга возможно создание эффективной системы регионального мониторинга в Донецкой области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яцык А.В. Экологические основы рационального водопользования. — К.: Генеза, 1997. — 628 с.
2. Положення про державну систему моніторингу довкілля. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 30 березня 1998 р. N 391.
3. Порядок здійснення державного моніторингу вод. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 20 липня 1996 р. N 815.
4. Пропозиції щодо створення системи моніторингу довкілля промислового регіону (на прикладі Донецької області). Держуправління екології та природних ресурсів в Донецькій області. ДонНТУ. — Донецьк, 2003. — 40 с.
5. Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод. — К.: Ніка-Центр, 2001. — 264 с.
6. Дж. Бокс, Г.Дженкинс. Анализ временных рядов: Прогноз и управление. Вып.1. — М., Мир. — 1974. — 406 с.
7. Боровиков В.П., Ивченко Г.И. Прогнозирование в системе STATISTICA в среде Windows. Основы теории и интенсивная практика на компьютере: Учеб. пособие. — М.: Финансы и статистика, 1999. — 384 с.