

НЕЙРОСЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ В ВОДОЕМЕ-ХРАНИЛИЩЕ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

Коробицын Б.А., Яншина Н.В.

В настоящее время одним из решающих условий оптимизации стратегий по планированию природоохранных мероприятий является возможность получения точного прогноза динамики изменения качества окружающей среды. Однако применяемые методики имеют ряд проблем. При использовании одних методов для прогноза требуются большие материальные и временные усилия, связанные с необходимостью значительного объема входных данных, калибровки и верификации. Применение же более простых в практическом использовании методов дает загубленную консервативную оценку, которая не предназначена для детального прогнозирования.

В связи с этим в последнее время в качестве альтернативного метода при экологическом прогнозировании предлагается использование искусственных нейронных сетей. К их неоспоримым преимуществам относится способность моделировать сложные нелинейные взаимоотношения между переменными, и, кроме того, высокая скорость при решении задач.

В данной работе искусственные нейронные сети использованы для моделирования динамики изменения уровня воды в водоеме-хранилище радиоактивных отходов. В качестве исходных данных использованы результаты мониторинга ФГУП «ПО «Маяк» в одном из каскадов водоемов, устроенных на реке Теча, а именно, водоеме В-11.

Водоем В-11 сооружен в верховье реки Теча в 1964 г. путем возведения грунтовой плотины и эксплуатируется в бессточном режиме с момента его создания. За весь период эксплуатации водоемов Теченского каскада, на фоне сезонных колебаний наблюдается устойчивая тенденция повышения уровня воды в водоеме В-11 (рис. 1) [1, 2].

Создание бессточной системы промышленных водоемов в верхней части долины реки Теча нарушило природный водный сток и привело к быстрому заполнению конечного водоема В-11. За 1980-1990 гг. уровень воды в конечном водоеме В-11 вырос на 2,87 метра. Несмотря на реализованные мероприятия по поднятию на 1 м плотины водоема В-11, его свободная емкость практически исчерпана. Уже в ближайшие несколько лет уровень воды в водоеме В-11 может достигнуть максимального проектного уровня (МПУ), принятого равным 216,82 м. По состоянию на 1993-1994 гг. разница между фактическим уровнем (216,40-216,50 м) и МПУ (216,82 м) составляла 0,3-0,4 м, то есть «запас прочности» крайне мал.

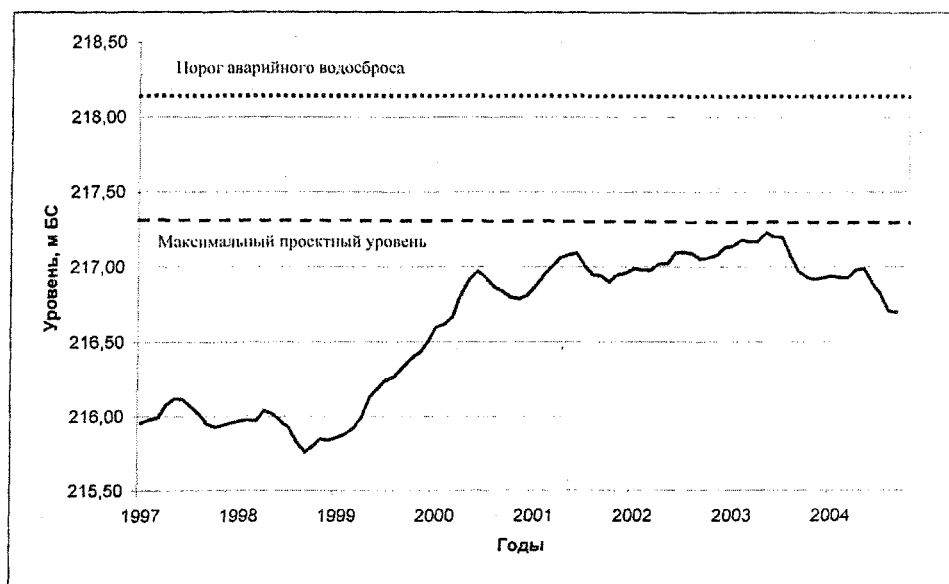


Рис. 1. Изменение уровня водоема В-11

Основной причиной роста уровня водоема В-11 в период 1980–2003 гг. считается изменение метеорологических условий региона [2, 3]. Если для периода 1950–1970 гг. в районе ПО «Маяк» средний уровень испарения превышал осадки на 100 мм/год, то для периода 1980–2003 гг. осадки превышали испарение в среднем на 90 мм/год, а в отдельные годы - на 200–250 мм/год.

В ближайшие годы динамика уровня воды в водоеме В-11 также будет зависеть от метеорологических условий, а именно от разности атмосферных осадков и испарения. Если установятся условия нормальной водности, то можно прогнозировать снижение уровня водоема В-11. При условии повторения серии многоводных лет и сохранении существующих сбросов, в течение ближайших 2–5 лет возможно превышение максимальной проектной отметки уровня воды. При повышении уровня воды в водоеме 218,14 м начнется автоматический переток воды из водоема в реку Теча по аварийному водосбросу.

В связи с этим существует опасность перелива воды через плотину и ее размыва. В результате прорыва образуется водяная волна значительной высоты, которая создаст критическую ситуацию в ряде населенных пунктов. При этом в долину р. Теча будет сброшено более 200 млн. м³ загрязненных радионуклидами вод, что приведет к дополнительному загрязнению значительных территорий.

Кроме того, эксплуатация водоема В-11 на высоких отметках привела к росту гидростатического напора на плотину, ложе и борта водоема, что обусловило увеличение фильтрационного выноса радионуклидов в пойму реки Теча. Помимо фильтрации под плотину и в обход ее существует опасность неконтролируемой разгрузки загрязненных вод в бассейн реки Зюзелга - правого притока реки Теча.

В связи с представленными трудностями для временного решения проблемы переполнения водоема В-11 ПО «Маяк» осуществлено наращивание плотины 11 на 1 метр, что позволило увеличить объем водохранилища на 48,5 млн. м³. Кроме этого для уменьшения риска чрезвычайных ситуаций в качестве переходных (временных) мероприятий, позволяющих стабилизировать уровень воды в водоеме № 11, предлагаются следующие решения:

- строительство очистных сооружений для сточных вод промплощадки ПО "Маяк", которое позволит сократить поступление загрязненных вод в водоем № 11;
- пуск "северного куста" скважин для откачки и перехвата части потока подземных вод, подпитывающего водоем № 11.

Предполагается, что реализация этих мероприятий даст возможность уменьшить дебалансное поступление чистых вод в объеме до 5 млн. м³ в год, что позволит временно уменьшить риск аварийных ситуаций, связанных с этим водоемом.

Эти меры, являющиеся неотложными, позволяют на какое-то время заставить стабилизировать ситуацию, и обеспечить запас времени для кардинального решения проблемы стабилизации уровня воды в каскаде водоемов.

В качестве возможных вариантов стабилизации уровня водоемов рассматриваются следующие:

- строительство водоема В-12;
- упаривание и переработка дебалансного количества воды;
- очистка дебалансового количества воды;
- очистка и отвод хозбытовых стоков промплощадки в ЛБК.

Кардинального же решения проблемы в настоящее время еще не найдено. Это связано, в первую очередь, с большими допущениями при определении ожидаемого наполнения водоема В-11.

В [4] приведена структура водного баланса водоема В-11, имеющая следующий вид:

$$\Delta V = V_{ос} - V_{исп} + V_{ст} + V_{пер} + V_{гр.пр} - V_{гр.от} + V_{фп10} - V_{фп11}, \quad (1)$$

где ΔV – изменение объема водохранилища; $V_{ос}$ – осадки, выпадающие на зеркало водоема; $V_{исп}$ – испарение с зеркала водной поверхности; $V_{ст}$ – поверхностный сток с частной водосборной площади; $V_{пер}$ – переток из водоема 10 в водоем 11; $V_{гр.пр}$ – грунтовый приток; $V_{гр.от}$ – грунтовый отток; $V_{фп10}$ – фильтрационные поступления через тело плотины В-10; $V_{фп11}$ – фильтрационные потери через тело плотины В-11.

Несмотря на кажущуюся простоту, использовать эту формулу для прогнозных расчетов практически невозможно, т.к. составляющие водного баланса, связанные с фильтрацией (в том числе и с фильтрацией в/из ЛБК и ПЕК, не включенной в баланс), определить практически невозможно. Кроме того, эти величины существенно изменяются в зависимости от водности года и, главное, уровня воды в водоеме В-11.

В данной работе для прогнозирования динамики изменения уровня воды в водоеме В-11 использованы искусственных нейронных сетей, созданные с помощью нейропакета НейроПро 0,25 (разработчик - В.Г. Царегородцев, Институт вычислительного моделирования СО РАН).

Входящими переменными являются: среднемесячный уровень осадков, среднемесячный уровень испарений, уровень воды в водохранилище В-10. Выходящая переменная - уровень воды в водохранилище В-11.

Оптимальные результаты выполнения работы показала нейронная сеть с архитектурой 3-10-10-1. Для подтверждения качества выполненного прогноза построены две нейронные сети с данной архитектурой на различных временных сериях (рис. 2).

Объем обучающей выборки составил 60 образцов (данные по водоему В-11 с 1992 по 2002 гг.). Объем тестовой выборки, которую нейронная сеть прогнозирует с надлежащей степенью точности - 5 образцов.

Результаты работы нейронной сети сравнивались с показателями статистических расчетов (см. таблицу).

Для оценки качества выполнения работы нейронной сетью, использованы следующие показатели: среднеквадратическая ошибка сети, уровень «d» и коэффициент корреляции.

Результаты работы нейронной сети и статистических расчетов

	Показатели работы нейронных сетей			Показатели работы статистических расчетов	
	Среднеквадратическая ошибка	Коэффициент корреляции	Уровень «d»	Среднеквадратическая ошибка	Уровень «d»
Сеть 1	0,00013	0,89	0,85	0,002	0,44
Сеть 2	0,00017	0,86	0,62	0,01	0,13



Рис. 2. Выполнение нейронной сетью процесса обучения и тестирования

Таким образом, при выполнении данной работы апробирован новый подход к моделированию динамики изменения уровня воды в водоеме-хранилище радиоактивных отходов с помощью искусственных нейронных сетей. При планировании мер по защите качества окружающей среды используя данный метод, наравне с другими, можно провести анализ эффективности проводимых

мероприятий и определить приоритетные направления, которые позволят получить максимальный эффект при минимальных затратах.

В работе выполнено прогнозирование уровня воды в водохранилище В-11 с помощью искусственных нейронных сетей. В качестве входящих переменных использованы только среднемесячный уровень осадков, среднемесячный уровень испарений и уровень воды в водохранилище В-10.

Данный прогноз сделан с надлежащей степенью точности на период равный 5 месяцам. Он может быть использован дополнительно к традиционным методам математического моделирования для выявления и предупреждения экстремальных ситуаций.

Литература

1. Современное состояние и пути решения проблем Теченского каскада водоёмов / В.И. Садовников, Ю.В. Глаголенко, Е.Г. Дрожко и др.// Вопросы радиационной безопасности. - 2002. - № 1. - С. 3-14.
2. Отчет «Режимные гидрогеологические наблюдения за распространением загрязнения в подземных водах в пределах контролируемой зоны ПО «Маяк» (в соответствии с договором № 1-10/00 от 10.01.2000 г.). - Александров: Мин-во природных ресурсов РФ, ФГУПП «Гидро-спецгеология», Гидрогеологическая экспедиция № 30. - 2001.
3. Отчет «Режимные гидрогеологические наблюдения за распространением загрязнения в подземных водах в пределах контролируемой зоны ПО «Маяк» (в соответствии с договором № 1-10/04 от 05.01.2004 г.). - Александров: Министерство природных ресурсов РФ, ФГУПП «Гидро-спецгеология», Гидрогеологическая экспедиция № 30. - 2005.
4. Отчет «Радиоэкологические и радиационно-медицинские характеристики района размещения производственного объединения «Маяк». - Инв. № Н-2130/1. - 1990.