

УДК 556.3

К ВОПРОСУ СОГЛАСОВАНИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ АНАЛИЗА ДИНАМИКИ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Канд. техн. наук Л.М. Павличенко

На основе сравнения результатов использования комплексной модели (системы детерминированных и статистических моделей) с результатами других типов моделей оцениваются возможности комплексной модели влияния Южно-казахстанской ГРЭС (ЮКГРЭС); рассматриваются условия согласования детерминированных и многомерных статистических моделей.

Стратегические задачи в области охраны и рационального использования природных ресурсов для реализации принципа устойчивого развития требуют тщательного изучения, разработки научных основ оценок состояния и прогнозов поведения геосистем в условиях техногенеза.

В хозяйственной деятельности вопрос прогнозирования ожидаемого состояния окружающей среды решается не на должном уровне. Это связано с отсутствием совершенной методики прогнозирования состояния сложных объектов, как в Казахстане, так и за рубежом. Прогнозированию частично поддаются воздействия на отдельные компоненты природной среды, например, загрязнение воздушного бассейна, развитие процессов подтопления. Используемые методы комплексного прогнозирования не совершенны по разным причинам, основными из них являются практически полное отсутствие определений параметров, характеризующих среду, и небольшая продолжительность (чаще всего отсутствие) режимных наблюдений. Так, используемый традиционно метод экстраполяции, заключающийся в ретроспективном изучении процессов и распространении выявленных закономерностей на будущее, не всегда применим из-за недостатка информации. Методы экспертных оценок имеют существенный недостаток, присущий субъективным оценкам.

Но поскольку для реализации экологических мероприятий требуются очень большие средства, наличие методики прогнозирования, при-

способленной к реальному состоянию исходного фактического материала, крайне необходимо.

Системная парадигма утверждает неизбежность отображения реального объекта множеством моделей: вследствие большого числа исследуемых параметров и вероятностного характера динамических изменений в геозкосистеме построение модели сложного объекта или процесса принципиально невозможно с помощью одной модели и должно осуществляться системами моделей. Таким образом, если мы хотим получить системное отображение объекта моделями, то обязательным условием должна быть их взаимная увязка, обеспечивающая эту системность. Особенности системного подхода к моделированию природно-технических систем рассмотрены в [14, 16, 17]. В качестве основных выводов этих работ можно отметить следующие:

- используемые методы комплексного прогнозирования не совершенны по разным причинам, основными из них являются практически полное отсутствие определений параметров, характеризующих среду, и небольшая продолжительность (чаще всего отсутствие) режимных наблюдений;

- построение модели сложного объекта или процесса принципиально не возможно с помощью одной модели вследствие большого числа исследуемых параметров и вероятностного характера динамических изменений в экогеосистеме и должно осуществляться системами моделей;

- моделирование сложных эколого-гидрогеологических объектов и процессов возможно как системами, состоящими только из детерминированных, так и только из статистических моделей. Однако наибольшего успеха для достижения максимальной степени адекватности, видимо, можно добиться при их комплексировании с использованием сильных сторон как детерминированных моделей (большая точность в узких пределах), так и статистических методов (выделение однородных совокупностей и возможность обработки большого количества разнородной информации в случае многомерных моделей);

- при создании системы моделей необходимо всегда учитывать, что точность детерминированных моделей во многом определяется правильным выбором краевых условий, а точность статистических – правильным набором исходных признаков.

Основной целью данной работы предполагается анализ исходных параметров и результатов различных типов моделей, применяющихся при

исследовании одного и того же объекта (Южно-Казахстанской ГРЭС, строительство которой планировалось на западном берегу оз. Балхаш, – ЮКГРЭС) для прогнозирования изменения гидрогеохимической обстановки территории в условиях неполной информации.

На первом этапе моделирование выполнялось традиционными методами – построением детерминированной математической модели гидрогеологической системы территории, на которой будут развиваться техногенные гидрогеологические процессы, и статистической многомерной модели (компонентного анализа) гидрогеохимических процессов района строительства ГРЭС, составленные на основе фондовых материалов – по результатам гидрогеологической и геологической съемки масштаба 1:200000.

Детерминированная фильтрационная модель района для прогноза оценки влияния техногенных факторов, представленных основными объектами ЮКГРЭС (золошлакоотвал, промплощадка и поселок ГРЭС Улькен, водохранилище-охладитель) с учетом их развития во времени, разработана в 1992 г. Л.С. Вервейкиной и Р.Н. Тугамбаевой на основе программного комплекса "Торас-4".

С помощью детерминированной модели дана прогнозная оценка совместного влияния этих объектов на гидрогеологические условия района. При этом учитывались изменения, как контура внутренней границы, так и уровня подземных вод на нем во времени, согласно проектному графику заполнения золошлакоотвала и гипсометрии района, а также анизотропия геофильтрационных параметров в плане. В результате имитации процесса геофильтрации было установлено:

- произойдет подъем уровня подземных вод, что на ряде участков с близким естественным уровнем вызовет развитие процессов подтопления, особенно заметное в двух-трехкилометровой прибрежной зоне оз. Балхаш, где в естественных условиях залегание подземных вод неглубокое. Абсолютные отметки поверхности земли здесь 345-350 м, и подъем уровня подземных вод на 2-3 м может привести к нарушению в отдельных местах основания автотрассы и железной дороги;

- изменятся гидрогеодинамические, гидрогеохимические условия. Инфильтрационный бугор подземных вод, сформировавшийся под золоотвалом, будет растекаться в направлении оз. Балхаш еще в течение 60 лет после окончания его эксплуатации.

Итак, в качестве исходных данных геофильтрационной модели задавались лишь значения водопроницаемости и водоотдачи с учетом их плановой неоднородности и в соответствии с проектным графиком менялись граничные условия модели. Результатом фильтрационной модели является распределение прогнозных уровней подземных вод при воздействии различных техногенных факторов. Об изменениях гидрогеохимической обстановки делаются лишь качественные выводы на основе общих теоретических и эмпирических закономерностей.

Поскольку изменения минерализации и химического состава в детерминированной фильтрационной модели не рассматривались, общая оценка гидрогеохимических условий территории была построена на основе классической модели компонентного анализа (задача 1).

В задаче 1 опробовались данные по 111 водопунктам, опробованным сокращенным химическим анализом по территории юго-западного Прибалхашья во время геолого-гидрогеологических съемок масштаба 1:200000. Для характеристики динамических свойств подземных вод использовались в качестве признаков: абсолютные отметки устья (AO), глубины до уровней ($ГУ$), величины напоров (H), понижений ($П$) и дебитов ($Д$). В результате обработки данных компонентным анализом [9] выделилось девять главных компонент, описывающих 97,02 % общей дисперсии системы 111 объектов, характеризующихся 15-ю признаками:

I: +[Сух.ост., Mg^{2+} , $Na^+ + K^+$, Cl^- , жест. общ., SO_4^{2-} , Ca^{2+} , HCO_3^- , жест. карб.], - [AO];

II: +[$ГУ$, H , $Д$, Ca^{2+}], - [HCO_3^- , $П$, жест. карб.];

III: +[$П$, H , $ГУ$, AO], - [pH , $Д$];

IV: +[Ca^{2+} , Cl^- , $П$], - [жест. карб., HCO_3^- , $ГУ$, H , SO_4^{2-}];

V: +[pH , $ГУ$, H], - [$Д$];

VI: +[AO , $Д$, pH];

VII: +[жест. карб., Ca^{2+} , pH], - [SO_4^{2-} , AO];

VIII: +[AO , жест. карб.], - [$П$, $Д$, HCO_3^-];

IX: +[HCO_3^- , жест. общ., Mg^{2+} , Ca^{2+}], - [SO_4^{2-} , $Na^+ + K^+$, жест. карб., $Д$].

Первая главная компонента, на которую приходится 41,7 % общей дисперсии системы, описывает испарительный со значительной долей переходного подтипа инфильтрационного цикла формирования подземных

вод. Такая интерпретация компоненты вытекает из распределения величин и знаков нагрузок на признаки, объединенных компонентой, и отражает увеличение концентраций (этот признак имеет самую большую положительную нагрузку в компоненте) для всех составляющих, также имеющих положительные знаки нагрузок. Увеличение концентраций происходит при движении подземных вод к пониженным участкам рельефа, т.е. при уменьшении абсолютных отметок, что и отражает отрицательный знак нагрузки на признак AO .

Поскольку в первой главной компоненте вторая по величине положительная нагрузка приходится на Mg^{2+} , можно считать, что территория характеризуется переходным подтипом инфильтрационного цикла, в котором присутствуют признаки испарительного этапа (*сух. ост.*, $Na^+ + K^+$, Cl^-) и литогенного этапов (Mg^{2+} , SO_4^{2-}). В меньшей степени (значительно меньшие по величине нагрузки) представлен атмосферный этап (Ca^{2+} , HCO_3^-).

Основная доля дисперсии исходных признаков приходится на южную часть территории, где отмечены подземные воды высокой минерализации, поэтому и большая часть положительных значений первой главной компоненты, характеризующих высокую интенсивность процесса испарительной концентрации, расположены именно в южной части. Развитие этого процесса демонстрируется здесь наличием значительных площадей, занятых солончаками.

Территория, на которой находятся сооружения ЮКГРЭС, характеризуется меньшей степенью проявления этого процесса за исключением нескольких участков, где подземные воды залегают близко к поверхности, причем область влияния техногенных сооружений попадает частично на один из таких участков.

Остальные главные компоненты (II . . IX) содержат динамические характеристики и описывают различные этапы метаморфизации подземных вод, определяющиеся динамикой потока. Так, вторая главная компонента, на которую приходится 16,2 % суммарной дисперсии признаков, в областях распространения положительных значений покажет подземные воды с относительно большими глубинами залегания, высокими дебитами и напорами (область развития напорных вод), т.к. признаки $ГУ$, $Н$, $Д$ входят в компоненту с большими положительными нагрузками. Для таких вод характерен литогенный этап формирования химического состава, что

подтверждается различием знаков на Ca^{2+} и $Na^+ + K^+$. $Na^+ + K^+$ имеет небольшую отрицательную нагрузку, как и HCO_3^- , т.е. области распространения отрицательных значений второй главной компоненты отрисуют участки преобладания атмосферного этапа, а в целом вторая главная компонента делит территорию на области проявления литогенного и атмосферного этапов. Сооружения ЮКГРЭС попадают в область распространения положительных значений компоненты, отличающие территории с относительно высокодебитными подземными водами, что не может считаться благоприятным фактором для техногенного участка.

III главная компонента, объясняющая 9,27 % общей дисперсии системы исходных признаков, объединила с положительными знаками нагрузок признаки *П, Н, ГУ, АО*, а с отрицательными – *рН* и *Д*. Таким образом, положительные значения третьей главной компоненты укажут области распространения малодебитных безнапорных и малодебитных напорных вод. Области распространения отрицательных значений отражают наличие подземных вод с повышенными относительно средних значениями *рН* и *Д*, причем значения этих признаков увеличиваются при уменьшении абсолютных отметок, т.е. при транзите подземных вод к области стока – оз. Балхаш.

И опять участки, на которых намечено строительство сооружений ЮКГРЭС, попадают на область распространения отрицательных значений третьей главной компоненты, т.е. области относительно высоких дебитов подземных вод, что не может считаться благоприятным ни с точки зрения загрязнения подземных вод и оз. Балхаш, ни с точки зрения дополнительного подпора подземных вод.

Остальные компоненты дополняют картину гидрогеохимической ситуации региона, описанную первыми тремя. IV, VII и IX главные компоненты, описывающие 8,54, 3,92 и 3,03 % суммарной дисперсии, являются дополнением второй, V и VIII объясняющие 5,97 и 3,03 % общей дисперсии системы исходных признаков, содержат фактически те же признаки, что и третья главная компонента. Схемы распределения их значений отмечают, что участки строительных сооружений ЮКГРЭС попадают в область транзита подземных вод, как и в третьей главной компоненте.

Как видно из описания компонент, даже далеко не полная интерпретация результатов компонентного анализа химического состава подземных вод показала, что участки строительства сооружений ЮКГРЭС попадают на наиболее водообильные зоны, и потому, с точки зрения воз-

возможности подтопления застраиваемых территорий и загрязнения подземных вод и конечной области их стока – оз. Балхаш, являются весьма неблагоприятными. В случае повышения уровней мы будем иметь ситуацию, аналогичную южной части на "ненарушенный" период.

Итак, в этой задаче мы получили общее описание гидрогеохимической обстановки территории с районированием факторов ее формирования по степени проявления. Задача решалась по отдельным точкам – водопунктам, не совпадающим с опорными точками геофильтрационной модели, поэтому результаты этой модели можно сопоставлять с результатами детерминированной только на качественном уровне.

В условиях полного отсутствия определений параметров массопереноса для оценки изменения химического состава подземных вод обычно используются аналитические расчеты конвективного массопереноса и метод поршневого вытеснения. Оба эти метода были использованы и для ЮКГРЭС. В соответствии с известными аналитическими моделями [5, 8] и значениями параметров, выбранными из литературных источников для сходных пород, определялись значения относительной концентрации загрязняющих компонентов для подземных вод при строительстве ЮКГРЭС на расстояниях 8000 и 12500 м, что соответствует расстоянию от золошлакоотвала до уреза озера по двум профилям (первый – в рыхлых породах, опирается в водохранилище-охладитель; второй – в трещиноватых породах, доходит непосредственно до оз. Балхаш), на промежутки времени 5, 10 и 15 лет, или 1825, 3650 и 5475 суток после заполнения золошлакоотвала. По этим профилям из результатов детерминированной модели были выбраны прогнозные значения фильтрационных расходов из золошлакоотвала, водопроницаемостей и коэффициентов водоотдачи, с учетом которых можно оценить увеличение скоростей фильтрации подземных вод вследствие увеличения градиентов на каждый временной шаг и относительную концентрацию загрязняющих компонентов.

Для первого профиля на момент времени $t = 5$ лет (1825 сут) концентрация загрязняющих веществ у берега оз. Балхаш составит 0,079 от исходной их концентрации в золошлакоотвале (от растворенных элементов и их соединений); для $t = 10$ лет – 0,74, а для момента времени $t = 15$ лет – 0,98. Таким образом, по первому профилю через 15 лет концентрация загрязняющих элементов достигнет исходной величины у берега оз. Балхаш. По второму – через 15 лет у берега оз. Балхаш концентрация загрязняющего вещества достигнет лишь 0,262 от исходной концентрации,

а время, когда она достигнет здесь половинной от исходной величины составит 52 года с начала действия золошлакоотвала, сравняется с исходной у золошлакоотвала – через 2187 лет.

Таким образом, основное количество загрязняющих веществ переносится по первому профилю, по второму же в оз. Балхаш их поступает очень мало. Если учесть, что первый профиль упирается в водохранилище-охладитель, то можно сделать вывод о его загрязнении фильтрующимися из золошлакоотвала веществами. При развитии подпора от водохранилища основное загрязнение будет сосредоточено вдоль первого профиля.

В случае отсутствия дисперсии (по схеме поршневого вытеснения) время прохождения фронта загрязнения от контура золошлакоотвала до берега оз. Балхаш для первого профиля составит 7,4 года, а для второго – 52 года. Следовательно, для нейтральных (невзаимодействующих с породой) загрязняющих веществ сроки поступления в оз. Балхаш значительно сокращаются, а потому при высоких исходных концентрациях могут представлять опасность для оз. Балхаш.

Анализируя полученные результаты, можно отметить, что применение детерминированных моделей массопереноса (несмотря на их солидную теоретическую и алгоритмическую разработку) сдерживается практически полным отсутствием экспериментально определенных параметров массопереноса. Полевые опытно-миграционные исследования по сравнению с опытно-фильтрационными занимают значительно большее время и стоят несравненно больше последних. Соответственно аналитические расчеты могут дать лишь приблизительные оценки времени, через которое по разным схемам фильтрации концентрации загрязняющих веществ достигнут половинной или исходной концентрации загрязняющих компонентов. Статистическая модель, хотя и характеризуют относительную интенсивность факторов формирования гидрогеохимических условий территории, также не дает прогнозных значений минерализации подземных вод.

С целью количественных оценок техногенного влияния на региональные изменения геологической среды Юго-Западного Прибалхашья решались две задачи по статистической обработке гидрогеологической карты Чу-Илийского рудного региона масштаба 1:200000. В задачах 2 и 3 обрабатывались данные по распространению геологических пород разных возрастов и динамические характеристики потоков подземных вод. В задаче 2 эти параметры брались на ненарушенный период (за который

принимался условно момент гидрогеологической съемки территории). В задаче 2 в качестве параметров на прогнозный (20 лет воздействия техногенных факторов) период учитывались результаты изменений уровней подземных вод, полученные с помощью традиционной геофильтрационной модели.

Для моделирования картографического материала (Касымбеков, 1990) район исследований был разбит ортогональной сеткой на 72 блока. Численные значения признаков задавались величинами условных площадей проявления каждого из них по блокам. Для статистической обработки использовались следующие признаки: площади распространения геологических пород по возрастам – apQ_{III-IV} , tQ_{IV} , N_{1-2} , D_3 , D_3+C_{1t} , C_{1v} , S_{1-2} , ϵ_3 , ϵ_1 , ϵ_3-O_1 , O_{1-2} , $PR_3-\epsilon_1$, D_{1-2} , γ , ν , средние по блоку глубины залегания подземных вод (H_{cp}) и минерализации (M_{cp}); площадь открытой водной поверхности ($S_{отп}$). Расходы в блоках (Q_b) на ненарушенный период рассчитывались на основе карт водопроницаемостей и гидроизогипс (Касымбеков, 1990). Прогнозные значения расходов (Q'_b) складывались из увеличения расходов, полученных в результате детерминированной модели на период 20 лет. Прогнозная величина открытой водной поверхности ($S'_{отп}$) задавалась по максимальным отметкам заполнения золошлакоотвала, водохранилища и испарителя.

По уравнениям регрессии на главных компонентах [10] получились следующие прогнозные значения минерализации: $M_{15} = 15,3$ г/дм³ и $M_{16} = 19,9$ г/дм³ при исходных 4,6 и 4,8 г/дм³ соответственно для 15-го и 16-го блоков, т.е. в блоках, испытывающих подъем уровней подземных вод, наблюдается и рост минерализации.

Конечно, полученные значения весьма приблизительны вследствие того, что нагрузки на признаки в сравниваемых компонентах несколько различны, а мы этим различием пренебрегали, однако тенденция роста минерализации проявляется весьма четко. Более точное решение должно учитывать различие в виде компонент. В рамках классического компонентного анализа такие противоречия снимаются стохастической постановкой задачи, когда матрицы исходных данных считаются выборками из некоторой генеральной совокупности, включающей замеры всевозможных параметров у самых различных объектов, т.е. это некая гипотетическая матрица, содержащая все возможные состояния у всех возможных объектов. Для нашего случая это фактически означает переход к подробнейшему опробованию в глобальном масштабе, чтобы учесть временные изме-

нения, да и в этом случае всегда остается сомнение в полноте из-за невозможности предугадать будущие техногенные нагрузки.

Поэтому для практических целей естественной является детерминированная постановка, при которой закономерности, установленные для конкретной выборки, не распространяются на территории за пределами опробования. В этом случае при более или менее устойчивом виде компонент нагрузки на признаки, составившие каждую компоненту, будут всегда разными, а, следовательно, в классических статистических моделях всегда будет стоять проблема сравнимости их результатов.

На основе системного анализа и теории информации автором разработана методология моделирования геоэкосистем системами детерминированных и статистических моделей (комплексные модели) [10-17]. В систему моделей включаются уравнения состояния геоэкосистемы на исходный и прогнозируемый моменты времени.

Комплексирование с детерминированными моделями осуществляется введением в уравнения состояния на прогнозируемый момент результатов решения детерминированных моделей. Таким образом, сама детерминированная модель реализуется обычным способом – в нашем примере это описанная выше сеточная геофильтрационная модель, построенная на основе программного комплекса "Торас-4". Эта модель входит в комплексную лишь результатами прогнозов уровня подземных вод под влиянием техногенеза и граничными условиями на прогнозный момент времени. Дополнительная детерминированная составляющая новой модели вводится построением алгоритмов, основанных на вращении многомерных компонентных осей. При этом модели, описывающие взаимосвязи на разные временные или разные качественные уровни, объединяются в систему матричных уравнений, а вращение осей осуществляет их многоуровневую связь [11].

Разработанная комплексная модель решает задачи, сходные с задачами информационной технологии на основе системологии П.К. Анохина, не выделяя явно базисные подсистемы. Сложный вопрос учета нелинейности взаимосвязей снимается многомерностью задачи (фактически, используются их линейные разложения). Использование в качестве фактического материала результатов детерминированных моделей, новых граничных условий и большого количества объективных косвенных показателей, свидетельствующих о происходящих процессах, повышает степень адекватности модели реальной геоэкосистеме. Рассмотрим результаты оп-

робования методики для прогноза минерализации подземных вод под влиянием ЮКГРЭС.

Для комплексной модели, как в задачах 2 и 3, в качестве исходной информации также использовалась закодированная гидрогеологическая карта. Такая постановка задачи была, с одной стороны, вынужденной – мы не располагали данными по разрезу скважин, из которых отбирались пробы на сокращенный химический анализ, а с другой – намеренной, чтобы продемонстрировать возможности статистических методов и комплексной модели по весьма ограниченному фактическому материалу оценить изменения параметров, не прогнозируемых детерминированной моделью. Комплексная модель дает измененные в результате подпора подземных вод значения минерализации во всех блоках. По результатам применения комплексной модели значения минерализации составили 13,2 и 23,1 г/дм³ для 15-го и 16-го блоков соответственно, т.е. получились величины, вполне сопоставимые со значениями из уравнения регрессии. Эти значения довольно близки к значениям минерализации в юго-западной части района, где отмечается развитие солончаков.

Еще раз напомним, что прогнозные значения минерализации получены при учете только влияния подпора уровней, т.е. изменения интенсивности испарительной концентрации и ионного обмена с породами, косвенно закодированного в значениях условных площадей распространения горных пород. Чтобы учесть техногенное изменение минерализации, надо знать исходный состав и концентрацию загрязняющих компонентов. В этом случае необходимо было бы дополнить исходную матрицу в центрах блоков значениями концентраций составляющих химического состава, а прогнозную – распределением прогнозных значений минерализации или каких-либо из составляющих химического состава в зонах расположения золошлакоотвала и водохранилища-охладителя, для чего необходимо в комплексную модель включать модель конвективного переноса.

Как обобщение первого опыта применения комплексной модели можно отметить следующие рекомендации, которые окажутся весьма полезными также и при вписывании имитационных моделей любого типа в ГИС:

- Для совместного применения детерминированной и статистической модели обязательна увязка их входной и выходной информации в количественном и качественном отношении. При построении детерминированных моделей графическая и табличная исходная информация приво-

дится к матричной форме, описывающей центры блоков сеточной разбивки области фильтрации с усреднением всех фильтрационных параметров, а также внешних и внутренних граничных условий, по площади блока на исходный (начальный) момент времени. Исходная информация для компонентного анализа также представляет собой матрицу исходных данных, в которой каждый объект (реальная точка наблюдения, либо центр блока) характеризуется набором параметров любого типа с соблюдением одного условия – каждый параметр для всех объектов должен иметь одинаковые единицы измерения, хотя каждый параметр может характеризоваться своей собственной единицей измерения.

- Различия в традиционных наборах параметров могут быть лишь в параметрах химического состава подземных, поверхностных вод и водовмещающих отложений. Они служат основным источником сведений о фильтрационных процессах в статистических моделях на стадии модели начального состояния и именно их необходимо восстанавливать на стадии решения прямой (прогнозной) задачи, т.к. не существует пока эффективных детерминированных моделей для прогноза изменений химического состава подземных вод.

- Поскольку эти параметры не входят в число основных параметров детерминированной модели, для них не строятся "матрицы". С другой стороны, при обработке их статистическими моделями в качестве объектов чаще всего используются скважины, поэтому не имеется соответствия в количестве объектов детерминированной и статистической моделей. Для их увязки необходимо методами интерполяции значения каждого параметра привести к центрам блоков разбивки области фильтрации.

- Выходная прогнозная матрица фильтрационной детерминированной модели всегда является неполной по количеству параметров, выходная прогнозная матрица статистической модели не предусматривается, а выходная прогнозная матрица комплексной модели восстанавливается в полном объеме, соответствующем объему матрицы начального состояния.

- Детерминированные модели могут дать лишь небольшое число прогнозных параметров, сюда же можно отнести и параметры, отражающие измененные граничные условия, поэтому прогнозная матрица никогда не может быть полной. Именно на этом этапе необходимо подключение новых алгоритмов комплексной модели: установленные на начальный момент времени взаимосвязи между признаками с учетом временного вра-

щения помогут восстановить отсутствующие параметры на прогнозный момент времени.

- Построенные на основе вращения компонентных осей в многомерном признаковом пространстве-времени алгоритмы позволяют вычислить нормированные значения полного набора прогнозных признаков.

- Возвращение к исходным единицам измерения возможно при условии задания законов изменения средних значений и дисперсий всех исходных признаков.

Разработанную методику можно применять при построении системы мониторинга, моделей управления и охраны водных объектов региона, при выполнении ОВОС гидротехнических сооружений, в градостроительной практике и пр.[10, 12, 13, 18, 19 и др.] Главными проблемами в применении методики является обоснование изменений средних значений и дисперсий прогнозных признаков и жесткая привязанность к временным шагам детерминированной модели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айвазян С.А. Модельно- и методоориентированные интеллектуализированные программные комплексы по статистическому анализу данных // Многомерный статистический анализ и вероятностное моделирование реальных процессов. – М.: Наука, 1990. – С. 6-30.
2. Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика: Основы моделирования и первичная обработка данных. – М.: Финансы и статистика, 1983. – 471 с.
3. Алгоритмы и программы восстановления зависимостей / В.Н. Вапник, Т.Г. Гладкова, В.А. Кащеев и др. – М.: Наука, 1984. – 815 с.
4. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов. – М.: Мир, 1976. – 755 с.
5. Бочеввер Ф.М., Лапшин Н.Н., Орадовская А.Е. Защита подземных вод от загрязнения. – М.: Недра, 1979. – 255 с.
6. Джефферс Дж. Введение в системный анализ: применение в экологии. – М.: Мир, 1981. – 213 с.
7. Зальцберг Э.А., Деч В.Н. Исследование и прогноз режима подземных вод с помощью многомерного спектрального и компонентного анализов // Разведка и охрана недр. – 1979. – № 6. – С. 40-46.
8. Казанский А.Б. Теория фильтрационной диффузии и приложение ее к задачам гидрологии и гидрогеологии. – М.: Наука, 1973. – 136 с.

9. Йёреског К.Г., Клован Д.И., Реймент Р.А. Геологический факторный анализ. – М.: Недра, 1980. – 223 с.
10. Павличенко Л.М. Исследование региональных гидрогеохимических процессов на основе компонентного анализа. – Дис. канд. техн. наук. Алма-Ата, 1984. – 189 с.
11. Павличенко Л.М. Система многомерных статистических моделей анализа неполных эколого-гидрогеологических данных // Вопросы изучения водных ресурсов Центральной Азии. – Алматы: Гылым, 1993. – С. 89-103.
12. Павличенко Л.М. Контроль процесса загрязнения подземных вод бромом на основе метода стандартной матрицы нагрузок // Освоение месторождений минеральных ресурсов и подземное строительство в сложных гидрогеологических условиях. Материалы III Международного симпозиума (Белгород, 1995 г.). – Белгород: Изд-во ВИОГЕМ, 1995. – С. 141-147.
13. Павличенко Л.М. Прогноз изменения минерализации подземных вод в результате воздействия ЮК ГРЭС на основе компонентной модели // Географические основы устойчивого развития Республики Казахстан. – Алматы: Гылым, 1998. – С. 307-311.
14. Павличенко Л.М. К технологии построения моделей прогноза изменений экогеосистем // Гидрометеорология и экология. – 2000. – № 1. – С. 37-60.
15. Павличенко Л.М. К проблеме организации и оптимизации геоэкологического мониторинга // Известия ВУЗов. Геология и разведка. – 2000. – № 5. – С. 95-108.
16. Павличенко Л.М. Системное моделирование природно-технических геосистем // Новые подходы и методы в изучении природных и природно-хозяйственных систем. – Алматы: Казак университеті, 2000. – С. 132-135.
17. Павличенко Л.М., Веселов В.В. Системный подход к построению моделей сложных природных процессов // Вестник КазГУ. Серия географическая. 1997. – № 4. – С. 25-29.
18. Павличенко Л.М., Шапиро С.М. Применение методов многомерной статистики для прогноза процессов загрязнения подземных вод на основе оценки изменения их химического состава // Теоретические основы и методика гидрогеологического прогноза загрязнения подземных вод (Современные проблемы биосферы). – М.: Наука, 1990. – С. 137-141.
19. Павличенко Л.М., Шапиро С.М., Джумагулов М.Т. Техногенные гидрогеологические процессы в пределах городских агломераций и их

экологическое значение // Экологические проблемы Казахстана. Доклады республиканского совещания (Алма-Ата, 1991). – Алма-Ата: ООП РИИЦ Госкомстата КазССР, 1991. – С. 150-159.

Казахский государственный национальный университет им. Аль-Фараби

ГИДРОГЕОХИМИЯЛЫҚ ШАРТТАРДЫҢ ӨСУІН ТАЛДАУ МЫСАЛЫНДА ГЕОЭКОЛОГИЯЛЫҚ ҮЛГІЛЕРДІҢ КЕЛІСІЛУІ МӘСЕЛЕСІНЕ

Техн.ғылымдарының канд. Л.М.Павличенко

Кешенді үлгіні (шартталған және статистикалық үлгілер жүйесін) қолдану нәтижелерін басқа үлгілер түрлерімен салыстыру негізінде Оңтүстік Қазақстан ГРЭС (ОҚГРЭС) ықпалы кешенді үлгісінің мүмкіндіктері бағаланады; шартталған және көпөлшемді статистикалық үлгілердің келісу шарттары қарастырылады.