

**РАЗРАБОТКА, РАЗВИТИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ
ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ СТРУКТУРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
ПРОЦЕССОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ЭКОЛОГИЧЕСКИ
НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ РЕГИОНАХ КАЗАХСТАНА**

В.Ю. Паничкин

Лаборатория моделирования гидродинамических и геоэкологических процессов занималась теоретическими и методическими вопросами, связанными с созданием систем взаимосвязанных разномасштабных геоинформационно-математических моделей. Были разработаны технология и инструментальные средства. Успешная апробация теоретических и инструментально-технологических разработок осуществлялась в процессе создания систем разномасштабных моделей гидрогеологических условий северной части Павлодарского промрайона и Ақдалинского массива орошения.

Острый дефицит водных ресурсов в ряде регионов Казахстана, ухудшение экологической ситуации в связи с интенсивным хозяйственным освоением территорий определяют важность и своевременность выполненных исследований. Для рационального и целенаправленного использования водных ресурсов в народном хозяйстве, профилактики и ликвидации нежелательных последствий техногенной деятельности необходимы оперативное прогнозирование гидрогеологической обстановки и управление водными ресурсами. Это возможно только на основе широкого использования средств вычислительной техники, методов математического моделирования, современных информационных технологий. В последние годы гидрогеологам все чаще приходится сталкиваться с природно-техногенными системами, для которых характерны значительная динамика антропогенных нагрузок, изменчивость и противоречивость целей исследования и использования, крайне неравномерная изученность. При работе с такими объектами традиционные средства и методы моделирования оказываются малоприменимыми. Наиболее эффективным путем решения этой проблемы является использование концепций структурного моделирования и создание на этой основе систем разномасштабных взаимосвязанных моделей.

Как показал наш опыт, реализация такого подхода требует огромных объемов исходной информации и достаточно совершенной технологии моделирования. Существующие инструментальные средства уже не отвечают возросшим требованиям. В связи с этим представляются весьма актуальными исследования по разработке, развитию и совершенствованию теоретических основ структурного моделирования процессов загрязнения подземных вод, методики, технологии и инструментальных средств моделирования.

В результате выполненных исследований сформулированы теоретические основы структурного моделирования процессов загрязнения подземных вод. Идея структурного моделирования заключается в представлении сложных природно-техногенных систем в виде взаимосвязанной совокупности простых объектов и создании на этой основе систем взаимосвязанных разномасштабных математических моделей. Модели, входящие в систему, имеют разный масштаб и пространственный охват, различную структуру и функциональное наполнение. Они должны быть определенным образом упорядочены и связаны регламентированными отношениями, что дает возможность рассматривать всю систему как единое целое со своими уникальными свойствами.

Системы взаимосвязанных разномасштабных моделей целесообразно использовать в тех случаях, когда невозможно по тем или иным причинам (недостаточность исходных данных, неравномерная изученность, технические сложности в реализации, дефицит материальных ресурсов и времени) создать детальную модель всего исследуемого региона. В практике гидрогеологических исследований наибольшее распространение получили системы, содержащие в качестве элементов региональную модель и одну или несколько локальных моделей (моделей-врезок). Региональная модель используется для учета

тех или иных региональных факторов, локальная разрабатывается для наиболее важного участка исследуемой территории. Связь моделей осуществляется, как правило, путем задания соответствующих условий по границам локальной модели. Таким способом опосредованно учитывается влияние различных факторов вне рамок локальной модели, оказывающих существенное влияние на имитируемый процесс. Следует подчеркнуть, что на базе одной региональной модели может быть создано несколько локальных моделей. Моделируемые области могут не пересекаться, иметь общие границы или зоны, а также быть вложены друг в друга. В практике гидрогеологических исследований наибольшее распространение получили системы, которые состоят из региональной модели и локальной модели.

В процессе реализации данного научного проекта разработаны требования к таким системам, к методике их создания и использования, а также требования к инструментальным средствам структурного моделирования.

В соответствии с разработанными нами концепциями структурного моделирования, основными компонентами программного комплекса должны быть системы математического моделирования, геоинформационные системы и системы управления базами данных, между которыми организуется обмен информацией. Методика структурного моделирования процессов загрязнения подземных вод была детализирована с учетом возможностей инструментальных средств. В качестве системы математического моделирования использовалась GMS, ГИС – MapInfo и ArcInfo, СУБД – FoxPro.

Теоретические и инструментально-практические разработки были апробированы при моделировании ртутного загрязнения подземных вод в северной части Павлодарского промрайона с целью оценки опасности для окружающей среды и разработки мероприятий по ее снижению, и на территории орошаемых массивов Или-Балхашского бассейна для оптимизации использования земельных и водных ресурсов и разработке рекомендаций по снижению ущерба окружающей среде.

Система моделей гидрогеологических условий северной части Павлодарского промрайона состоит из региональной модели и локальной

модели загрязненного ртутью участка. На региональной модели решена гидродинамическая задача и получены предварительные результаты распространения ореола загрязнения. На локальной модели решена прогнозная гидродинамическая задача, а также выполнен прогноз распространения ореола ртутного загрязнения подземных вод в плане и в разрезе с учетом сорбции ртути водовмещающими породами. В настоящее время завершено строительство “стены в грунте” вокруг основных источников загрязнения, что было воспроизведено на системе моделей.

К концу прогнозного периода ореол ртутного загрязнения подземных вод сохранится, хотя размеры его существенно уменьшаться. Максимальная глубина загрязнения подземных вод ртутью составляет 20 м. Он переместится приблизительно на 200 м в северо-северо-западном направлении. Возможно попадание загрязненных ртутью вод в сбросную канаву, расположенную в северной части модели и проходящую с востока на запад в сторону р.Иртыш. Если не произойдет значительного техногенного воздействия, способного неблагоприятно изменить гидрогеологические условия в Северной промышленной зоне г. Павлодара, шлейф загрязненных ртутью подземных вод не представляет угрозы реке Иртыш и с. Павлодарское.

Моделирование процессов транспорта на уточненной локальной модели доказало, что в результате испарения грунтовых вод с уровневой поверхности ореол ртутного загрязнения приподнимется вверх через “окна” в глинистых прослоях и концентрация ртути в воде вблизи зеркала грунтовых вод увеличится. Это создаст определенную опасность попадания ртути из грунтовых вод в почву и накопление ее в растительности. Кроме того, сохраняется также риск попадания ртути в подземные воды из мелких источников.

Существует вероятность, что отдельные участки “стены в грунте” вокруг основных источников могут оказаться недостаточно герметичными. При определенных условиях возможен также процесс десорбции ртути, т.е. переход ртути, сорбированной водовмещающими породами, в подземные воды.

На основании результатов моделирования спроектирована и построена система мониторинга за поведением ореола ртутного загрязнения подземных вод.

Система моделей гидрогеолого-мелиоративных условий Ақдалинского массива орошения включала в себя региональную модель Бахбахтинской части и локальную модель репрезентативного участка. На региональной модели решалась гидродинамическая задача, на локальной – гидродинамическая и геомиграционная. Для выбора оптимального режима эксплуатации массива орошения на системе моделей были сымитированы различные варианты расположения сельскохозяйственных культур. Также был выполнен прогноз распространения пестицида сатурн после авиаобработки посевов риса с учетом разложения пестицида во времени.

Моделирование показало, что на Ақдалинском массиве орошения очень низкий КПД оросительной сети. Кроме того, работа коллекторно-дренажной сети не всегда эффективна. Отдельные коллектора являются источниками питания подземных вод, что также подтверждается результатами полевых исследований. Оптимальное значение площади, занимаемой рисом, составляет для данной территории 4200 – 4500 га. Увеличение площади посевов риса может привести к заболачиванию территории, а уменьшение – к значительному снижению уровня грунтовых вод. Полное прекращение орошения на массиве приведет к тому, что в течение первых пяти лет преобладающие глубины залегания уровней грунтовых вод составят 3 – 5 м. Поскольку критическая глубина залегания уровней грунтовых вод составляет 3.75 м, то часть земель подвергнется вторичному засолению.

В результате выполненных исследований было установлено, что пестициды попадают в подземные воды в период полива, частично разлагаются, а их остаток удаляется с полей поверхностью и подземными водами. Уменьшения концентрации пестицидов в поверхностных водах можно достичь минимизацией сброса воды с рисовых чеков. Использование пестицидов с большим периодом полураспада (типа ДДТ) представляется совершенно недопустимым.

Сотрудники лаборатории моделирования гидродинамических и геоэкологических процессов приняли участие в ряде международных конференций, среди которых Седьмой Международный конгресс “Вода: Экология и технология” ЭКВА-ТЭК-2006. Москва, 30 мая - 2 июня 2006; Восьмая Международная конференция по ртути как глобальному загрязнителю, г. Мэдисон (США, штат Висконсин), 6-11 августа 2006; Конференция в Оксфорде по ртути и проблемам окружающей среды г. Павлодара, Казахстан. 20-26 августа 2006, Великобритания; Международный симпозиум “Будущее гидрогеологии: современные тенденции и перспективы” Россия, Санкт-Петербург, 23-28 апреля 2007; Международный семинар “Загрязнение ртутью окружающей среды: эмиссия в атмосферу, восстановление территорий и влияние на здоровье” Казахстан, Астана, 28 мая – 1 июня 2007. При поддержке Международного Научно-Технического Центра; Всероссийская конференция (с участием иностранных ученых) «Проблемы геохимии эндогенных процессов и окружающей среды», Институт геохимии им. А.П. Виноградова, СО РАН, г. Иркутск, Россия; Международная научно-практическая конференция “Вода: ресурсы, качество, мониторинг, использование и охрана вод”. Алматы, 19-21 сентября 2007; Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы наук о земле», «Сатпаевские чтения». Алматы, 10-11 апреля 2008; Восьмой Международный конгресс «Вода: Экология и технология» ЭКВА-ТЭК-2008. Москва, 3-6 июня 2008; Научно-практическая конференция «Математическое моделирование в гидрогеологии». Пансионат «Пахра», Московская область. 23-25 апреля 2008; Шестая Международная конференция «Remediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds». Монтерей, Калифорния, 19-22 мая 2008; Международная научно-практическая конференция, посвященная 100-летию со дня рождения известного казахского ученого-гидрогеолога Н.А.Кенесарина “Подземные воды – стратегический ресурс устойчивого развития Казахстана”. Алматы, 1-3 октября 2008.