



НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ СОСТОЯНИЕМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ

THE INFORMATION SUPPORT SCIENTIFIC BASIS FOR MANAGING THE ENVIRONMENT STATE AT THE REGIONAL LEVEL

БОНДАРИК Г.К., ИЕРУСАЛИМСКАЯ Е.Н., ЯРГ Л.А.

РГГРУ имени С. Орджоникидзе, г. Москва, nkhusnud@gmail.com

BONDARIK G.K., IERUSALIMSKAYA E.N., YARG L.A.

Sergo Ordzhonikidze Russian State Geological Prospecting University, Moscow

Ключевые слова:

инженерная геология; региональные природно-технические системы; окружающая среда; управление состоянием окружающей среды; региональный мониторинг.

Key words:

engineering geology; regional natural-technical systems; environment; managing the environment state; regional monitoring.

Аннотация

В статье рассматриваются научные основы информационного обеспечения управления состоянием окружающей среды крупных территорий, базирующиеся на теории природно-технических систем (ПТС). Обсуждаются свойства региональных ПТС, управление их состоянием и стратегия организации режимных сетей для их мониторинга.

Введение

В последние десятилетия значительно выросла техногенная нагрузка на окружающую среду на больших территориях, в т.ч. со сложными инженерно-геологическими условиями. Возникшие при этом процессы нарушили естественное состояние и функционирование компонентов природной среды таких регионов и привели к опасным по отношению ко всему живому изменениям, т.е. экологические проблемы стали региональными по своему уровню. Единственный способ их решения — оптимизация различных видов человеческой деятельности, которая должна обеспечиваться управлением состоянием окружающей среды региона, включающим в себя в т.ч. и управление таким ее важнейшим компонентом, как приповерхностная область литосферы (геологическая среда).

Управление функционированием сложных объектов возможно на основе теории природно-технических систем (ПТС) [2]. В соответствии с ее положениями исследуемую область окружающей среды региона рассматривают как региональную природно-техническую систему (РПТС), состоящую из взаимодействующих природной и искусственной подсистем, а также блока управления.

Характеристики РПТС

Характеристики природно-технических систем регионального уровня представлены в табл. 1. От систем более низких уровней РПТС отличается тем, что ее искусственная подсистема не образует связной области геологического пространства¹. Соответственно вредные в экологическом отношении продукты производит не система в целом, а отдельные элементы ее пространственной структуры, внутри которых развиваются комплексы различных по происхождению геологических процессов, вызванных взаимодействиями:

¹ Размер занимаемой территории не является критерием для выделения РПТС, но от него зависят способы, методика и масштаб исследований.

Abstract

The article deals with the information support scientific basis for managing the environment state of large territories that is based on the theory of natural-technical systems (NTS). Some features of regional NTS, managing their states and networking for their monitoring are discussed.



Таблица 1

Общая характеристика РПТС	
Характеристика	Описание
Компоненты пространственной структуры	Области взаимодействия локальных ПТС; природные литосистемы, неоднородные в отношении искусственных геологических процессов (неизменные и измененные техноплагенными процессами)
Взаимодействия	Преимущественно косвенные управляющие и природные
Экзогенные геологические процессы	Преимущественно техноплагенные; на отдельных участках — естественные; в границах локальных ПТС — техногенные
Границы ПТС	Комбинаторные, устанавливаемые с учетом границ области проявления техноплагенных процессов; природные; искусственные (административные, операциональные и др.)
Режим функционирования	Различный (равновесный, периодический, переходный)
Методы прогноза функционирования ПТС	Стохастические
Организационная структура	Служба регионального мониторинга окружающей среды; органы региональных администраций или хозяйствующие субъекты, отвечающие за экологическое состояние окружающей среды территории

(1) подсистем РПТС (управляющими); (2) природными (возмущающими).

Природные взаимодействия и соответствующие им комплексы естественных экзогенных геологических процессов (ЭГП) зависят от инженерно-геологических условий территории РПТС, т.е. от тех компонентов окружающей среды, которые учитываются при обосновании наборов ЭГП, оценке их пространственного размещения, установлении условий и причин ЭГП.

Управляющие взаимодействия разделяют на виды по их физической природе — по изоморфной пространственной структуре РПТС, конфигурации (площадной, линейной, точечной), режиму (постоянному, временно-му), интенсивности (оцениваемой количественно). Основные виды управляющих взаимодействий, их источники и показатели интенсивности представлены в табл. 2. Существует некий диапазон значений этих показателей (область предельно допустимых значений интенсивности взаимодействия), в котором РПТС сохраняет устойчивое состояние и равновесный режим изменений. Этим руководствуются при ее управлении.

Область взаимодействия литосферы (ОВЛ) реагирует на управляющие взаимодействия возникновением и развитием *техногенных геологических процессов*, которые нехарактерны для естественной обстановки на данной территории. Эти процессы развиваются внутри локальных ПТС, но их экологические последствия могут иметь региональное значение. Следствиями их проявлений в РПТС или за ее пределами являются *техноплагенные (наведенные) процессы*, в т.ч. экзогенные геологические процессы с измененными режимами и условиями проявления. Они зарождаются там, где природные литосистемы (биогеоценозы) в той или иной мере нарушены при строительстве и/или эксплуатации сооружений, в результате сельскохозяйственной и иной деятельности в регионе. Если искусственные процессы не ограничивать заранее определенными рамками, они приведут к авариям, разрушению сооружений и/или экологическим неблагоприятным последствиям. Оптимизировать их возможно, располагая информацией о структуре и свойствах взаимодействующих естественных и искусственных подсистем РПТС.

Таблица 2

Характеристики управляющих взаимодействий		
Взаимодействие	Источники	Форма выражения (размерность)
Статико-механическое	Нагрузка от веса зданий и сооружений	Удельная нагрузка на грунт (МПа или кг/см ²)
	Снижение напора при откачке подземных вод	Величины понижения напора (м)
Динамико-механическое	Система транспорта	Интенсивность движения транспорта (тр.ед./ч)
Электрическое	Блуждающие токи от электрифицированных транспортных линий, ЛЭП, промышленных предприятий	Максимальная напряженность источников (мВ/м)
Тепловое (термодинамическое)	Теплопроводы, котельные	Температура теплопроводов (°С); их плотность (км/км ²)
Фильтрационное	Покрывание поверхности земли; утечки воды из водопроводов и канализации	Степень покрытия (%); плотность коммуникаций (км/км ²)
Гидродинамическое	Откачка подземных вод из водозаборов; фильтрация под основаниями дамб и плотин	Градиент напора
Химическое, биологическое	Промышленные предприятия, склады, свалки, кладбища, поля орошения, транспортные системы, канализация	Группы загрязнителей и их количество (м ³ , т, мг/л)

В зависимости от направления хозяйственной деятельности (вида искусственной подсистемы) выделяют *РПТС разных видов*: аграрные, горные, культурно-исторические, лесохозяйственные, промышленные, рекреационные, селитебные, транспортные, энергетические. Выделяют также *РПТС со смешанными направлениями деятельности*: аграрно-промышленные, горно-промышленные и др. Эти системы различаются наборами видов управляющих взаимодействий и особенностями пространственной структуры (табл. 3), в которой выделяют участки трех категорий: (1) *природные литосистемы*, в которых развиваются только естественные для данного региона геологические процессы, а иные в явном виде не проявляются; (2) *техногенно измененные природные литосистемы*, в которых естественные геологические процессы имеют черты, не адекватные естественным условиям и режимам; (3) *природно-технические системы локального уровня*, в которых развиваются преимущественно инженерно-геологические процессы.

РПТС — система динамичная, поскольку постоянно изменяется пространственно-временная структура ее искусственной подсистемы (в результате ликвидации, реконструкции, строительства объектов, изменений режимов протекающих в ней процессов и др.).

Управление окружающей средой в РПТС

В основе *управления окружающей средой* в региональной природно-технической системе лежит решение задачи оптимизации функционирования последней (т.е. выбора таких воздействий на окружающую среду, которые соответствуют заранее установленным критериям эффективности функционирования РПТС). В отличие от ПТС более низких уровней, эффективность которых оценивают исходя в основном из эко-

номических соображений, оптимально функционирующая РПТС должна соответствовать прежде всего экологическим и социальным критериям (демографическим, культурно-историческим, нравственным).

Задачи управления решаются в рамках геокибернетики (раздела теории ПТС), содержащей научные положения о характеристиках состояний неоднородных систем, пространстве их состояний, способах отражения их «движений» в различных моделях этого пространства, приемах диагностики и прогнозирования их состояний и др. [1, 2]. Состояние компонентов (подсистем) ПТС представляют набором «координат» — численных характеристик геологических и техногенных параметров геологического процесса. По их предельно допустимым значениям устанавливают границы области допустимых состояний (ОДС) системы, внутри которой РПТС оценивают как устойчивую по отношению к учитываемым процессам. Оптимальным следует считать такой режим функционирования региональной природно-технической системы, при котором ее «траектория» никогда не пересекает границы ОДС. Поддержание состояний компонентов окружающей среды в допустимых пределах осуществляют, оперируя управляющими взаимодействиями, изменяя с их помощью параметры состояния РПТС («координаты» системы) в нужном направлении. Результатом управления должен стать равновесный или квазипериодический режим функционирования системы в устойчивой области, вдали от границ ОДС.

Управление всегда должно быть скоординированным с пространственной структурой и режимом «движения» системы. Соответственно оптимальное управление РПТС можно рассматривать как упорядоченную в пространственном отношении совокупность управляющих и возмущающих взаимодействий, а его

Таблица 3

Характеристика пространственной структуры РПТС разных видов					
Вид РПТС	Граница	Элементы пространственной структуры			Основные виды управляющих взаимодействий
		Локальные ПТС	Природные системы	Техногенно измененные системы	
Аграрная (сельскохозяйственный регион)	Административная	Сельскохозяйственные предприятия	Неосвоенные земли (неудобья, земли запаса); особо охраняемые территории	Утраченные земли (подтопленные, эродированные и др.); земли, временно выведенные из оборота (залежные)	Механическое (распашка); гидродинамическое (орошение); химическое (внесение удобрений)
Селитебная (крупный город)	Административная	Селитебные, промышленные, коммуникационные зоны	Незастроенные зоны	Лесопарки, парки, рекреационные зоны	Динамико-механическое; статико-механическое; термодинамическое; гидродинамическое; электрическое; химическое; биохимическое
Транспортная (железнодорожная)	Операционная (граница охранной зоны дороги)	Железнодорожные станции, перегоны	Лесные угодья и другие особо охраняемые участки	Лесозащитные полосы; сельскохозяйственные земли ограниченного пользования	Динамико-механическое; термодинамическое; гидродинамическое; электрическое; химическое



процесс — как совокупность временных композиций этих взаимодействий.

Формы и сценарии управления РПТС отличаются от форм и сценариев управления ПТС более низких уровней. Это объясняется тем, что функционирование региональной природно-технической системы определяется не только и не столько прямыми техногенными процессами, сколько процессами наведенными (техно-плагенными), которые в подавляющем большинстве случаев предсказать нельзя. Соответственно управление должно производиться по *сценарию слежения*, который обеспечивает наиболее близкое соответствие текущего состояния требуемому состоянию системы в форме активной защиты от возмущений². Сценарий слежения предполагает проведение таких операций управления, как: (1) перманентное слежение за текущим состоянием РПТС; (2) диагностика текущего и прогнозирование будущего состояния; (3) оперативная разработка и реализация управляющих мероприятий, обеспечивающих оптимальное функционирование РПТС; (4) перманентное слежение за функционированием управляемой РПТС с целью оценки эффективности реализованных управляющих мероприятий и их корректировки в случае, если решения оказались неэффективными.

В процессе слежения проводят проверку оправданности прогнозов (уточнение прогнозных оценок) и усовершенствование пространственно-временной структуры сети режимных наблюдений, поскольку вследствие реализации управляющих мероприятий РПТС изменяет свою структуру и режим своего функционирования (в ряде случаев речь может идти даже об исключении из этой системы объектов, экологический вред от которых превышает допустимый уровень).

Информационное обеспечение управления состоянием окружающей среды

Процесс управления требует отвечающего его целям качественного *информационного обеспечения*. Используемая информация должна быть обоснованной с точки зрения ее соответствия принятым критериям эффективности функционирования РПТС, что определяется: (1) качеством информации, использованной для диагноза и разработки прогноза (по объему, замкнутости, полноте по списку свойств, точности и доверительному уровню); (2) качеством результатов диагноза и прогноза состояний РПТС (по численным или нечисленным оценкам, их точности, доверительному уровню, формам представления и др.); (3) использованными способами получения и обработки информации (их эффективностью, разрешающей способностью и др.).

Основное требование к *качеству информации* заключается в том, что она должна быть *оптимальной*, т.е. содержать сведения обо всех компонентах окружающей среды — их структуре, свойствах, состоянии

и движении — в объеме, достаточном для обоснования: (1) набора геологических процессов, их интенсивности и режима; (2) минимально необходимого и достаточного набора параметров — «координат» РПТС; (3) формы представления сведений о «координатах» (оценки средних значений или поля); (4) пространственной структуры полей «координат»; (5) предельно допустимых значений «координат» и границ области допустимых состояний РПТС.

Управление по сценарию слежения требует непрерывного производства *оперативной численной режимной информации* о состоянии региональной природно-технической системы в какой-либо момент или о последовательности ее состояний в течение некоторого периода времени, предшествующего управлению. Единственным способом получения подобной информации является *мониторинг*, система которого является компонентом РПТС (подсистемой производства, обработки и накопления информации о текущих и будущих состояниях РПТС, а также выработки рекомендаций по управлению). Теоретические и методологические основы мониторинга региональной природно-технической системы, его структура и функционирование рассмотрены в работах [3, 4].

Стратегия организации режимной сети наблюдений регионального уровня

Стратегия организации режимной сети наблюдений регионального уровня того или иного вида предполагает обоснование структуры сети пунктов получения информации (СППИНФ). Общая сеть, обслуживающая РПТС, представляет собой совокупность СППИНФ, обслуживающих компоненты пространственной структуры РПТС (локальные ПТС, участки развития техно-плагенных и естественных геологических процессов). Сначала необходимо построить *карту-схему, отражающую обеспеченность всех этих компонентов средствами ведения мониторинга*. Анализ данной карты позволит разработать технологию организации мониторинга окружающей среды в региональной природно-технической системе.

Кроме того, для организации мониторинга требуются *специальные эколого-инженерно-геологические исследования*, целью которых является обоснование расположения пунктов получения информации (ППИНФ). В дальнейшем на этих участках проводят специальные изыскания. Местоположение каждого ППИНФ обосновывают путем анализа накопленной информации об инженерно-геологических условиях исследуемой территории, в т.ч. сведений, необходимых для выделения участков развития техноплагенных процессов и выбора систем — эталонов природных условий.

Технология данных работ включает следующие комплексы операций с информацией.

1. *Выявление и качественная оценка пространственного размещения мест протекания геологических процессов*. Установление развития в РПТС некоторого набора процессов, их парагенетических отношений и тесноты связей между ними чрезвычайно важно для обоснования структуры СППИНФ. Не менее важными являются и знания о механизмах этих процессов. Без них нельзя решить вопрос о том, какие ком-

² Управление в форме активной защиты заключается в создании и изменении в ходе функционирования РПТС управляющих взаимодействий, нейтрализующих негативные последствия возмущающих взаимодействий, что обеспечивает «движение» системы по заданной «траектории».

поненты окружающей среды и индикаторы процессов следует оценивать для того, чтобы на этой основе разрабатывать рекомендации по управлению РПТС.

Для решения задачи данного этапа необходима следующая информация: (1) комплекс крупномасштабных карт компонентов инженерно-геологических условий; (2) данные о природных взаимодействиях, структуре и иерархии природных биогеоценозов, состоянии биоты; (3) карта-схема размещения источников техногенных и техноплагенных взаимодействий. На основе анализа этих материалов проводят обоснование оптимального набора природных и техногенных геологических процессов, а также набора их параметров. Затем получают их фактические и предельно допустимые численные значения.

Сравнительный анализ карт и других необходимых данных позволяет составить *карту распространения природных и техногенных геологических процессов* (действующих и потенциальных). Ее легенда представляет собой матрицу, колонки которой содержат сведения об инженерно-геологических условиях, а строчки — о взаимодействиях. В местах их пересечения показаны соответствующие геологические процессы (в т.ч. те, которые могут возникнуть), а также геологические параметры, отражающие условия их протекания. Подобная карта, основанная на априорных теоретических знаниях, представляет собой концептуальную базу для районирования территории по условиям развития отдельных геологических процессов.

2. *Районирование территории по видам управляющих взаимодействий (т.е. по техногенным параметрам, отражающим причины возникновения техногенных и техноплагенных геологических процессов)*. Районирование производят на основе карты-схемы инженерно-хозяйственного освоения территории. Основаниями для него являются пространственное размещение взаимодействий (площадное, линейное, точечное) и интенсивность взаимодействий. По интенсивности можно выделить как минимум три уровня взаимодействий — низкий, средний, высокий (границы между ними соответствуют пороговым значениям параметров, при которых состояние компонентов РПТС суще-

ственно меняется в неблагоприятную сторону). Информацию обо всех источниках и видах взаимодействий наносят на карту-схему, в т.ч. в виде поля техногенных параметров — компонентов искусственной подсистемы РПТС (в легенде дается характеристика источников техногенных взаимодействий и связанных с ними процессов).

3. *Районирование территории по условиям конкретного техногенного (техноплагенного) процесса*. Условия конкретного геологического процесса, т.е. набор структур и свойств геологической среды, необходимые для его возникновения и развития, устанавливают путем анализа информации о природных, техногенных и техноплагенных геологических процессах, включенных в набор. Целью данного этапа является выявление областей пространственного распространения рассматриваемого процесса.

Каждый геологический процесс характеризуется определенным набором геологических и техногенных параметров (табл. 4). Суть районирования территории по его условиям заключается в составлении карт полей этих параметров. Универсальной экспериментальной основой для построения этих полей является сетка, делящая территорию на равные по площади квадраты. Все параметры условий процесса должны иметь численные значения, средние оценки которых вычисляют для каждой такой ячейки. Совместный анализ данных карт позволяет выделить ту неустойчивую область, где есть условия для возникновения и развития рассматриваемого процесса.

Следующий этап работ предусматривает переход от качественного прогноза развития геологического процесса к количественной оценке его интенсивности, которая лежит в основе принятия решения о структуре СППИНФ.

4. *Количественная оценка интенсивности процесса*. Целью здесь является определение степени устойчивости территории по отношению к некоторому (природному или техногенному) геологическому процессу. Алгоритм операций количественной оценки интенсивности процесса представлен на рис. 1. Начинают со сбора информации о процессе (о его условиях, причинах, ре-

Таблица 4

Техногенные и техноплагенные геологические процессы и их параметры (транспортная РПТС)			
Взаимодействие	Геологический процесс	Параметры процесса в подсистеме «область взаимодействия литосферы»	Параметры процесса в подсистеме «сооружения»
Динамико-механическое от движения транспорта	Вибрационное уплотнение (разжижение)	Коэффициент дисперсности пород, мощность слабых пород, уровень грунтовых вод	Интенсивность движения транспорта
Электрическое от блуждающих токов	Подземная электрохимическая коррозия	Коэффициент дисперсности пород, влажность пород зоны аэрации, уровень грунтовых вод, кислотность и температура грунтовых вод	Напряженность электрического поля
Гидродинамическое от барражного эффекта сооружения	Заболачивание, подтопление	Превышение поверхности земли над местным базисом эрозии, средний уклон поверхности, коэффициент дисперсности пород, глубина кровли слабопроницаемых пород, уровень грунтовых вод	Влажность, степень водонасыщения, коэффициент дисперсности грунтов земляного полотна
Термодинамическое от теплового эффекта сооружения	Пучение	Коэффициент дисперсности пород, уровень грунтовых вод, средние температуры воздуха и почв в зимний период, толщина снегового покрова (определяют глубину сезонного промерзания)	Высота и длина пучины, коэффициент пучения (отношение высоты поднятия поверхности к глубине сезонного промерзания)



жине, параметрах, пораженности им территории), необходимой для выработки концептуальной модели.

Построение концептуальной модели ПТС по отношению к рассматриваемому процессу заключается в определении техногенных и геологических параметров-компонентов, отражающих причины и условия его возникновения и развития. Интенсивность процесса оценивают через *интегральный показатель состояния системы* J_{Σ} [1, 2]:

$$J_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n g_i R_i^H, \quad (1)$$

где g_i — вес i -го компонента; R_i^H — нормированное значение i -го компонента; n — число компонентов.

В интегральный показатель включают параметры-компоненты процесса, так или иначе характеризующие состояние РПТС (ее параметры-координаты). Каждый из них входит в интегральный показатель с определенным «весом». Для его определения используют многомерный корреляционный анализ, позволяющий установить корреляционные связи между различными параметрами и целевым предикатом (перед расчетом коэффициентов корреляции проводится проверка гипотезы о соответствии эмпирических распределений исследуемых величин нормальному закону и строятся точечные корреляционные диаграммы). В качестве целевого предиката может быть использован какой-либо параметр того или иного процесса не только в подсистеме «область взаимодействия литосферы», но и в подсистеме «сооружения». Им может быть скорость процесса, показатель пораженности территории этим процессом на текущий момент времени (или его приращение за некоторый период времени). Выбор граничных значений интегрального показателя производится на основе анализа графика его взаимосвязи с целевым предикатом. В качестве пороговых принимают величины значений последнего, отвечающие критериям устойчивости ПТС.

Анализ структуры поля интегрального показателя позволяет выделить участки с разной интенсивностью развития процесса и построить по ней карту районирования — основу для размещения ППИНФ в целях проведения мониторинга РПТС. В качестве примера на рис. 2 представлена карта-схема районирования территории аграрно-промышленной РПТС по условиям и интенсивности химического загрязнения подземных вод. Для ее построения было проведено районирование территории по степени естественной устойчивости подземной гидросферы к химическому загрязнению и выделены границы неустойчивой области РПТС, в которой подземные воды не имеют естественной защиты от загрязнения. Совмещение полученной карты районирования территории с картой-схемой источников химического загрязнения показало, что источник постоянного химического загрязнения подземных вод расположен в неустойчивой области. Для этой области были получены численные значения концентраций загрязняющих веществ из этого источника, нормированные относительно их предельно допустимых концентраций (ПДК), и вычислен интегральный показатель загрязнения подземных вод. По структуре его поля на карте районирования было выделено три района с разными уровнями интенсивности загрязнения подзем-

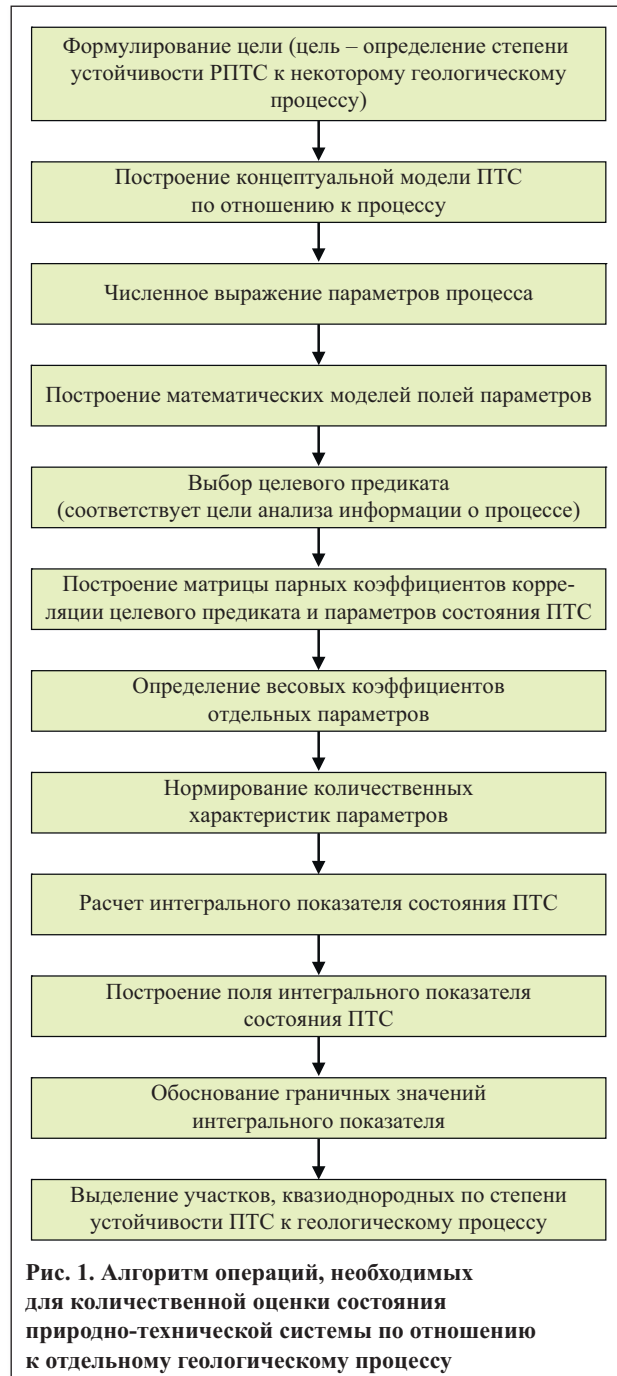


Рис. 1. Алгоритм операций, необходимых для количественной оценки состояния природно-технической системы по отношению к отдельному геологическому процессу

ных вод: I_1 — с низким уровнем (с низкой вероятностью загрязнения), I_2 — со средним уровнем (с высокой вероятностью загрязнения, т.е. когда значения интегрального показателя находятся вблизи границ ОДС системы); I_3 — с высоким уровнем (когда загрязненность подземных вод превышает предельно допустимый уровень). По результатам оценки интенсивности загрязнения были определены места размещения пунктов получения режимной информации о процессе загрязнения подземных вод (с учетом возможности миграции загрязнителей по направлению потока подземных вод).

Основные выводы

Цель данной работы состояла в том, чтобы привлечь внимание специалистов к вопросу информационного обслуживания управления окружающей средой на крупных территориях. В ходе своей деятельности на

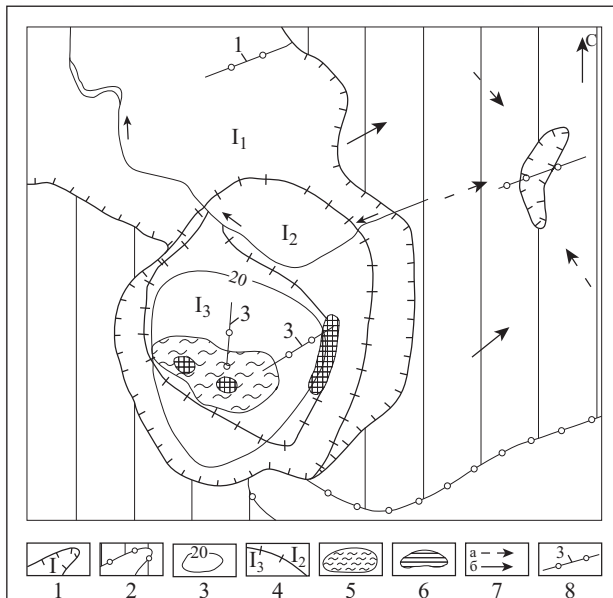


Рис. 2. Фрагмент карты-схемы районирования территории по условиям и интенсивности химического загрязнения подземных вод основного водоносного горизонта: 1 — индекс и граница области, неустойчивой к загрязнению; 2 — область, устойчивая к загрязнению, и граница распространения водоносного горизонта; 3 — изолиния значений интегрального показателя загрязнения подземных вод; 4 — границы и индексы районов с разной интенсивностью загрязнения подземных вод: 11 — незагрязненных, 12 — средней загрязненности, 13 — интенсивно загрязненных; 5 — источник загрязнения (свалка); 6 — места выхода подземных вод на дневную поверхность; 7 — направления потока подземных вод (а) и увеличения водопроницаемости горизонта (б); 8 — места размещения ППИНФ и номера участков

них человек существенно изменяет структуру, свойства и процессы функционирования ПТС, тем самым создавая экологические проблемы регионального значения, решение которых требует оптимального управления окружающей средой региона. Возможность разработки оптимальной стратегии зависит от качества информации о ее состоянии и от длительности периода наблюдений. Информацию требуемого качества можно получить только в рамках мониторинга, т.е. располагая оптимально организованной системой пунктов получения режимной информации, учитывающей пространственно-временную структуру региональной ПТС в целом и ее компонентов-подсистем (прежде всего геологической среды). В данной статье была рассмотрена стратегия организации режимной сети регионального мониторинга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондарик Г.К. Методология и теоретические основы управления состоянием окружающей среды // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2008. № 6. С. 497–499.
2. Бондарик Г.К. Экологическая проблема и природно-технические системы. М.: ИКАР, 2004. 375 с.
3. Бондарик Г.К., Иерусалимская Е.Н., Ярг Л.А. Теоретические основы и принципы организации мониторинга геологической среды природно-технических систем регионального уровня // Известия вузов. Геология и разведка. 2009. № 3. С. 45–50.
4. Бондарик Г.К., Чан Мань Л., Ярг Л.А. Научные основы и методика организации мониторинга крупных городов: монография. М.: Изд-во ПНИИИС, 2009. 260 с.
5. Королев В.А. Мониторинг геологических, литотехнических и эколого-геологических систем: учеб. пособие / под ред. В.Т. Трофимова. М.: КДУ, 2007. 416 с.

ГЕОТЕХНИКА

Международный журнал
для изыскателей,
проектировщиков и строителей



Цель журнала —
знакомство российских специалистов
с передовым отечественным
и зарубежным
опытом в области геотехники

Периодичность в 2010 году:

6 номеров

Стоимость годовой подписки:

3900 рублей

info@geomark.ru