

УДК 556.3

**ПРОБЛЕМЫ ОБЪЕКТА В СИСТЕМЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО  
МОНИТОРИНГА ПОДЗЕМНЫХ ВОД КАЗАХСТАНА**

Доктор геол.-мин. наук     О.В. Подольный

*Подсистемы наблюдений, оценки и прогнозирования состояния подземных вод объекта государственного мониторинга строятся в соответствии с его иерархическим уровнем. Объектом Государственного мониторинга подземных вод регионального уровня является гидрогеологический обособленный бассейн подземного стока с общими направлениями движения поверхностных и подземных вод.*

Подземные воды для Республики Казахстан, большая часть территории которой расположена в засушливой, так называемой, аридной зоне, являются важнейшим стратегическим ресурсом.

Прогрессирующий стресс хозяйственной деятельности уже в значительной мере сказывается на экологическом состоянии подземных вод. Из 513 месторождений подземных вод, разведанных в недрах Республики для хозяйственно-питьевого водоснабжения городов и населенных пунктов, 112 в той или иной мере загрязнены различными ингредиентами – продуктами промышленной и сельскохозяйственной деятельности. Выявлено чрезвычайно опасное загрязнение ртутью месторождений подземных вод в Акмолинской и Карагандинской областях, нефтепродуктами - в Актюбинской области, тяжелыми металлами (кадмием, свинцом, бериллием) - в Восточно-Казахстанской и Карагандинской областях и др.

Знание состояния подземных вод, своевременная оценка и прогнозирование опасности их истощения и загрязнения определяет стратегию и тактику их охраны. Для достижения этих целей служит Государственный мониторинг подземных вод (ГМПВ) Казахстана как составная часть мониторинга недр и недропользования.

Как система наблюдений, оценки состояния подземных вод и прогнозирования его изменений под воздействием природных и антропогенных факторов (рис. 1) для информационного обеспечения рационального использования и охраны подземных вод ГМПВ в Казахстане интенсивно развивается с принятием Закона о недрах и недропользовании (1996 г.) и утверждением правительством



Рис. 1. Принципиальная схема Государственного мониторинга подземных вод Республики Казахстан.

Подсистемы наблюдений, оценки и прогнозирования состояния подземных вод тесно взаимосвязаны между собой, а также определяются объектом мониторинга. Подсистема наблюдений строится на основании принятых подсистем оценки и прогнозирования состояния подземных вод объекта. В свою очередь, возможности системы наблюдений, главным образом экономические, определяют некоторый оптимум наблюдаемых параметров состояния, что сказывается на содержании подсистем его оценки и прогнозирования. По мере развития ГМПВ объекта мониторинга, накопления информации о его функционировании, взаимосвязь отдельных подсистем становится более тесной. Таким образом, структура гидрогеологической системы объекта ГМПВ, его пространственные размеры, другие гидрогеологические особенности определяют оптимум подсистем наблюдений, оценки и прогноза состояния подземных вод.

Подсистема наблюдений ГМПВ в Казахстане, как и на всем пространстве СНГ, функционирует на базе постов и пунктов наблюдений за режимом подземных вод, сеть которых создавалась и развивалась в соответствии с требованиями, разработанными в 1960...1970 годы для изучения различных гидрогеологических процессов. В 1980е годы были разработаны требования, в соответствии с которыми начала создаваться наблюдательная сеть по охране подземных вод от загрязнения. В целом наблюдательная сеть не в полной мере отвечает современным целям и задачам ГМПВ. При ее оптимизации [1] мы столкнулись с рядом узких моментов, требующих научного обоснования их решения. На наш взгляд, наиболее

важными с научной точки зрения является обоснование объекта мониторинга, в пределах которого осуществляется функционирование системы ГМПВ, и параметров мониторинга состояния подземных вод такого объекта [7]. Эти две проблемы тесно взаимосвязаны, как и сами подсистемы наблюдений и оценки состояния.

Состояние подземных вод объекта ГМПВ должно быть описано некоторым набором параметров, которые могут быть измерены экономически реалистичным методом и могут быть оценены по определенным критериям. В общем случае такой набор включает, как медленно изменяющиеся (статические) параметры – условия, так и быстро изменяющиеся – динамические (гидрогеодинамический и гидрогеохимический режим, техногенез). Состояние подземных вод различных объектов ГМПВ, тем более объектов разного иерархического уровня, а-ргіогі должно быть описано различным набором параметров. Унифицированные требования к такому набору в зависимости от иерархического уровня объекта и характера техногенеза отсутствуют.

Ясно, что оценка состояния подземных вод объекта ГМПВ должна базироваться на критериях, разработанных или принятых для каждого компонента набора параметров состояния, а также их системной совокупности.

Для естественных условий параметрами состояния подземных вод являются:

- характеристика ненарушенных (или на начало наблюдений) гидрогеологических условий (природных и водохозяйственных), в том числе условия защищенности подземных вод от загрязнения – медленно изменяющиеся параметры состояния;

- виды и интенсивность современных эндогенных и экзогенных геологических процессов, оказывающих влияние на формирование подземных вод – медленно изменяющиеся параметры состояния;

- характеристика ненарушенного (или на начало наблюдений) гидрогеодинамического, температурного и гидрогеохимического режимов подземных вод - динамические параметры состояния;

- определяющие естественный (ненарушенный) режим подземных вод гидрометеорологические факторы.

При различных нарушениях естественных гидрогеологических условий объекта параметрами состояния подземных вод являются:

- характеристика техногенной нагрузки на геологическую среду и подземные воды, степень нарушения взаимосвязанных с подземными во-

дами компонентов геологической среды (и таких же компонентов других сред) - медленно изменяющиеся параметры состояния;

- характеристика влияния техногенных изменений геологической среды на компоненты ландшафта: атмосферу, растительность, поверхностные воды - медленно изменяющиеся параметры состояния;

- характеристика техногенных изменений гидрогеологических, геохимических, геодинамических условий, включая загрязнение геологической среды, активизацию существующих геологических процессов и возникновение новых геологических процессов, оказывающих влияние на формирование подземных вод - медленно изменяющиеся параметры состояния;

- характеристика нарушенного гидрогеодинамического, температурного и гидрогеохимического режимов подземных вод - динамические параметры состояния;

- характеристика определяющих нарушенный режим подземных вод гидрометеорологических факторов.

Результатом изменения во времени факторов и динамических параметров состояния является изменение гидрогеологических условий. Наблюдения за динамикой техногенных изменений гидрогеологических условий могут достаточно успешно осуществляться на основе применения дистанционного зондирования, в частности, сравнительного дешифрирования материалов разновременных спектральных аэро- и космических съёмок.

Результатом наблюдений должна быть оценка экологического состояния подземных вод, как в естественных условиях, так и под воздействием техногенеза. Методы такой оценки разработаны недостаточно. Наиболее широко применяется оценка по экстремальным значениям отдельных геоэкологических показателей, балльные системы, а также метод экспертных оценок. Каждый из этих методов имеет недостатки. При оценке по экстремальным значениям теряется значительная часть полученной информации, при использовании системы баллов также как при экспертных оценках баллов неизбежна субъективность.

В ряде работ В.С. Ковалевский [3,4] обосновывает возможность оценки экологического состояния подземных вод объекта ГМПВ по четырем главным компонентам набора параметров состояния:

- фоновая (или на начало наблюдений) характеристика гидрогеологических условий (природных и водохозяйственных), в том числе харак-



теристика гидрогеодинамического и гидрогеохимического режима подземных вод;

- характеристика нарушенности гидрогеологических условий – техногенная нагрузка на геологическую среду и подземные воды, определение степени нарушения взаимосвязанных с подземными водами компонентов геологической среды (и таких же компонентов других сред);

- определение степени нарушения гидрогеологических условий – степени нарушения гидрогеодинамического и гидрогеохимического режима подземных вод;

- обобщенная оценка состояния подземных вод объекта ГМПВ с учетом степени благоприятности или риска (для подземных вод) дальнейшего освоения территории.

Для обоснованной оценки состояния подземных вод необходимо решить проблему определения предельно допустимой нагрузки на подземные воды объекта ГМПВ.

В общем случае объектом ГМПВ является определенным образом выделенный участок недр, в пределах которого отслеживается и оценивается состояние подземных вод и прогнозируется его возможное изменение. Таким образом, подземные воды рассматриваются как составная часть недр (компонент геологической среды).

Подземные воды как объект ГМПВ является структурированным и иерархически организованным объектом. Очевидно, современная система наблюдений ГМПВ предназначена для регистрации изменений лишь динамических параметров. Это условие практически ограничивает ГМПВ зоной свободного водообмена, основным фактором движения подземных вод в пределах которой, является гидростатическое давление. Весьма редко ГМПВ ведется на объектах захоронения стоков, которые располагаются в зоне замедленного водообмена, в которой проявляется и геостатическое давление.

Объекты ГМПВ подразделяются на изучаемые объекты и объекты обобщения.

К изучаемым объектам относятся природные, природно-техногенные и природно-технические системы: бассейны подземных вод, водосборные бассейны, водоносные горизонты и комплексы, месторождения подземных вод и других полезных ископаемых, водозаборы подземных вод, участки загрязнения подземных вод и геологической среды, а также территории с сосредоточенным комплексом разнородных воздействующих на подземные воды техногенных нагрузок.

Объекты обобщения - это территории, по которым производится систематизация информации с комплексной оценкой состояния подземных вод и прогнозирование негативных тенденций его изменения.

Государственный мониторинг подземных вод РК представляет собой информационную систему, имеющую трехуровневую структуру. В зависимости от территориального охвата и детальности изучения объектов ГМПВ подразделяется на локальный, региональный и республиканский. При этом ГМПВ верхнего уровня использует всю информацию, полученную при ведении ГМПВ нижнего уровня (рис. 2).

Объектом ГМПВ локального уровня являются отдельные природно-технические системы (месторождения подземных вод, участки загрязнения, урбанизированные территории, объекты, интересные в гидрогеологическом отношении). В мониторинге локального уровня основная роль принадлежит мониторингу участков недропользования (природопользования) — отдельных природно-технических систем в пределах земельного и горного отвода недропользователей, а также зон их влияния: водозаборы подземных вод, карьеры, шахты, полигоны захоронения стоков и др.

Подсистема наблюдений ГМПВ локального уровня, включающая государственную локальную наблюдательную сеть, а также частные сети недропользователей, сети местных органов, ведомственные, должна обеспечивать:

- изучение динамики параметров состояния подземных вод и воздействующих на них факторов на объекте недропользования (наблюдения за водоотбором, уровнем, химическим составом, температурой подземных вод по установленному регламенту);

- изучение параметров состояния подземных вод природно-техногенных систем.

В перечень задач, решаемых подсистемой оценки состояния подземных вод ГМПВ локального уровня, включены:

- обработка и обобщение данных наблюдений;
- ведение компьютерных баз данных в рамках единой системы ГМПВ;

- моделирование гидрогеологических процессов для диагностики состояния природно-технических и природно-техногенных систем;

- оценка состояния подземных вод в сопоставлении с нормативными данными, установленными в контрактах на право пользования недрами;

- оценка состояния природно-техногенных систем по совокупности нормативных показателей и другим параметрам.

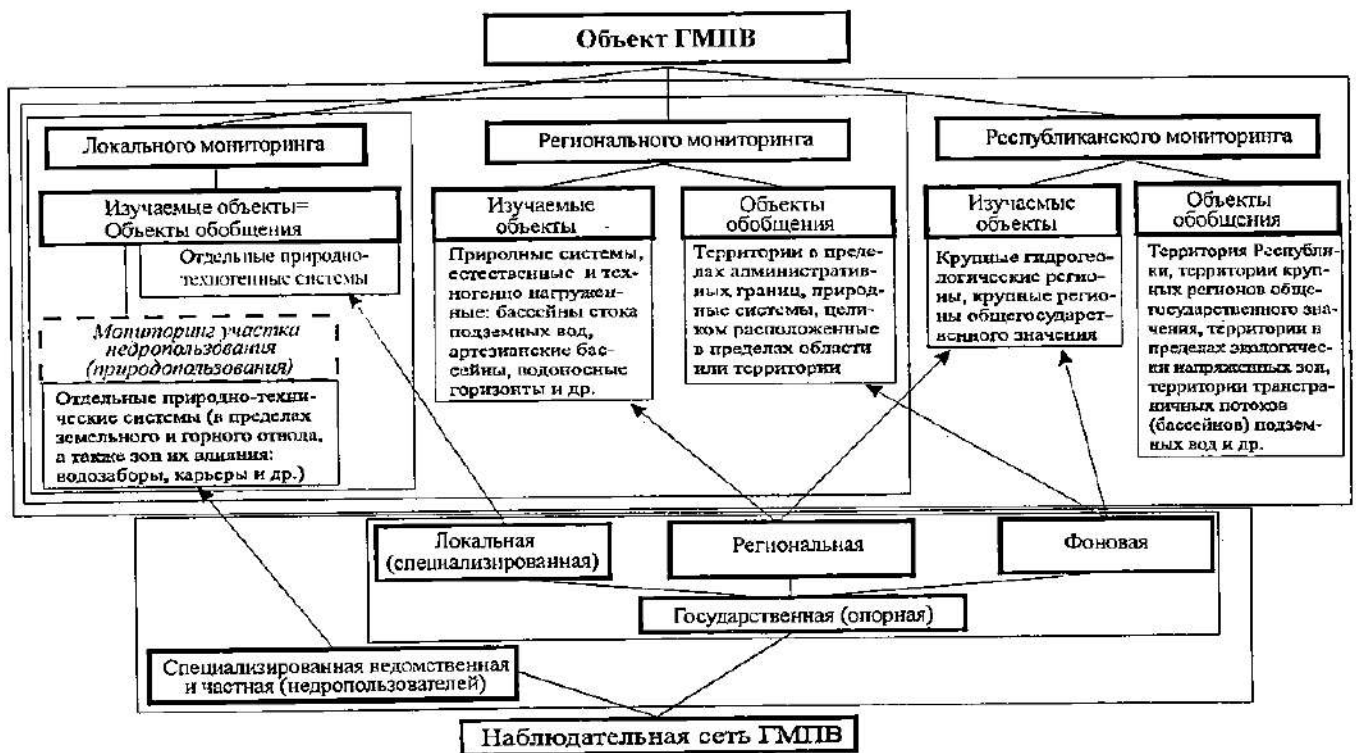


Рис. 2 Структура объекта и наблюдательной сети ГМПВ

Подсистема прогноз состояния ГМПВ локального уровня должна обеспечивать:

- прогноз развития гидрогеологических процессов на объектах недропользования;
- прогноз трендов развития гидрогеологических процессов в природно-техногенных системах.

В результате ГМПВ локального уровня должна быть обеспечена передача информации для решения задач следующего уровня мониторинга, и быть выданы:

- рекомендации по рациональному режиму эксплуатации и охране подземных вод объектов недропользования;
- рекомендации по управлению состоянием подземных вод природно-технических систем;
- карты состояния подземных вод по объектам и др.

Объектом ГМПВ регионального уровня являются территории в пределах административных границ (как объекты обобщения) и природные системы, как естественные, так и техногенно нагруженные.

Подсистема наблюдений ГМПВ регионального уровня, включающая государственную фоновую и региональную сети, а также использует всю информацию о динамике параметров состояния подземных вод, полученную в результате их изучения на локальном уровне мониторинга, обеспечивает:

- изучение динамики параметров подземных вод вне границ объектов недропользования;
- изучение общих региональных закономерностей и процессов формирования подземных вод и их взаимосвязи с поверхностными водами в естественных и нарушенных условиях.

Задачами подсистемы оценки состояния подземных вод ГМПВ регионального уровня являются:

- обработка и обобщение данных наблюдений недропользователей и остальных данных наблюдений локального уровня мониторинга в пределах выделенного объекта ГМПВ;
- выявление и картирование региональных режимобразующих факторов, их основных проявлений и анализ динамики и состояния подземных вод объектов мониторинга;
- моделирование гидрогеологических процессов для диагностики состояния природных систем;



- оценка состояния подземных вод по совокупности нормативных показателей, установленных лимитов и ограничений, применительно к границам административных территорий и экономических регионов;

- оценка состояния подземных вод природных систем.

Подсистема прогноза состояния ГМПВ регионального уровня должна обеспечивать:

- прогноз изменения состояния подземных вод природных систем при изменении внешних факторов формирования подземных вод, а также под влиянием отдельных природно-технических систем и в результате их взаимодействия;

- региональный прогноз основных тенденций изменения подземных вод природных систем. В необходимых случаях (сложные гидрогеологические условия, интенсивный и комплексный техногенез и др.) прогноз выполняется на основе создания и эксплуатации автоматизированных постоянно действующих моделей (АПДМ) объекта;

- прогноз предвесеннего минимального и весеннего максимального уровня грунтовых вод по территории административной области.

В результате ГМПВ регионального уровня должны быть подготовлены:

- рекомендации по предотвращению или ослаблению негативных последствий изменения состояния подземных вод природных систем;

- ежегодный бюллетень о состоянии подземных вод по территории административной области;

- карты состояния подземных вод по объектам мониторинга и др.

Объектами мониторинга республиканского уровня являются крупные гидрогеологические регионы, крупные регионы общегосударственного значения (объекты изучения); территория Республики Казахстан; территории в пределах экологически напряженных зон (Приаралье, Семипалатинский ядерный полигон и другие); территории трансграничных потоков (бассейнов) подземных вод.

Подсистема наблюдений ГМПВ республиканского уровня включает государственную фоновую и региональную сети, а также использует всю информацию о динамике параметров состояния подземных вод, полученную в результате их изучения на локальном и региональном уровнях мониторинга.

Задачами подсистемы оценки состояния подземных вод ГМПВ республиканского уровня являются ведение компьютерных Баз данных в

рамках единой системы ГМПВ и сводная оценка состояния подземных вод Республики Казахстан.

Подсистема Прогноз состояния ГМПВ республиканского уровня должна обеспечить сводный прогноз тенденций изменения состояния подземных вод Республики Казахстан.

В результате ГМПВ республиканского уровня должен обеспечить достаточную информацию для подготовки:

- Государственного доклада о состоянии водообеспеченности и хозяйственно-питьевого водоснабжения населения Республики Казахстан;
- Государственного доклада о состоянии подземных вод Республики Казахстан;
- справки о чрезвычайной геоэкологической ситуации, связанной с загрязнением и истощением подземных вод;
- информационного бюллетеня по учету подземных вод и контролю за их охраной от истощения и загрязнения;
- прогноз предвесеннего минимального и весеннего максимального уровня грунтовых вод по территории Республики Казахстан;
- ежегодного составления карты состояния подземных вод Республики Казахстан и др.

Как видно на этой схеме, сложности в определении объекта ГМПВ возникают лишь на региональном уровне. Выделение объектов мониторинга регионального уровня возможно только на основе гидрогеологического районирования. В СССР в конце 1980 г.г. была разработана и внедрена в Казахстане схема гидрогеологического районирования территории страны для целей создания информационной базы ГVK [5]. Таксономический ряд районирования гидрогеологических структур в соответствии с этой схемой приведен в таблице.

Работы по оптимизации наблюдательной сети выявили ряд существенных недостатков этой схемы.

1. Артезианский бассейн в настоящее время не может являться объектом ГМПВ в полной мере. Объектом ГМПВ является лишь часть разреза артезианского бассейна, ограниченная водоносными горизонтами и комплексами, представляющими интерес для целей водоснабжения. В Казахстане лишь два таких объекта могут являться объектами ГМПВ регионального уровня – Сырдарьинский и Иртышский артезианские бассейны – меловые водоносные комплексы;

Таксономический ряд районирования гидрогеологических структур для  
информационной системы ГМПВ

Порядок	Таксон	Принципы выделения	Основные объекты
Надпорядок		Гидрогеологические структуры континентальных платформ и плит и гидрогеологические структуры складчатых систем	
0	Регион	Эпоха консолидации складчатого фундамента, геологический возраст и степень литификации пород осадочного чехла, интенсивность и характер проявления тектонической активности.	Система бассейнов подземных вод с единым платформенным этапом развития, определяющим направленность гидрогеологических процессов и гидрогеологическую зональность.
1	Провинция	Типы гидрогеологических емкостей в пределах гидрогеологических структур, общая направленность подземного стока.	Сложный бассейн подземных вод
2	Подпровинция	Особенности питания, движения и разгрузки напорных подземных вод в пределах одной гидрогеологической структуры.	Бассейн напорных вод – нижняя часть сложного бассейна пластовых вод с нисходяще-восходящим или восходящим движением подземных вод.
3	Область	Замкнутость водообмена (питание, транзит, разгрузка) ББСВ в пределах отдельной положительной морфоструктуры с разнонаправленным нисходящим стоком к дренам.	Группа бассейнов регионального стока безнапорных и безнапорно-субнапорных вод (ББСВ).
4	Подобласть	Замкнутость водообмена ББСВ в пределах части положительной морфоструктуры с односторонним нисходящим стоком от водораздела к дрене.	Бассейн регионального стока ББСВ.
5	Район	Замкнутость водообмена ББСВ в пределах отдельной положительной морфоскульптуры с разнонаправленным нисходящим стоком к притокам более низкого порядка.	Группа бассейнов местного стока ББСВ.
6	Подрайон	Замкнутость водообмена ББСВ в пределах части положительной морфоскульптуры с односторонним нисходящим стоком от водораздела к ближайшей дрене.	Бассейн местного стока ББСВ.
7	Участок	Замкнутость водообмена ББСВ в пределах отдельной положительной морфоскульптуры с разнонаправленным нисходящим стоком к притокам более низкого порядка.	Группа бассейнов элементарного стока ББСВ.
8	Подучасток	Замкнутость водообмена ББСВ в пределах части положительной морфоскульптуры с односторонним нисходящим стоком от водораздела к ближайшей дрене более низкого порядка.	Бассейн элементарного стока ББСВ.

2. В гидрогеологических массивах гидрогеодинамическое состояние подземных вод связано, главным образом, с зоной экзогенной трещи-

новатости. Выделение провинций по типам гидрогеологических емкостей приводит к тому, что единая гидрогеологическая структура (бассейн стока) ранга области оказывается разделенной на верхнем иерархическом уровне, и должна рассматриваться как два (или более) объекта ГМПВ;

3. На равнинах аридной зоны реки, формирующие свой сток в горной гумидной зоне, не дренируют водоносные горизонты, а являются источниками питания подземных вод окружающих пустынь. Выделение областей по направлению стока к дрене противоречит указанной схеме.

Таким образом, разработка схемы районирования территории Казахстана и выделение на ее основе объектов ГМПВ регионального уровня является актуальной проблемой научного обоснования ГМПВ Казахстана. Прежде всего, несовпадение понятий "бассейн подземных вод" и "бассейн стока безнапорных и безнапорно-субнапорных вод" [6] и, как следствие, их границ, приводит к невозможности их совместного районирования на основе некоторого универсального ряда таксонов.

Поэтому ряд исследователей, в частности в Российской Федерации, перешёл к другим принципам районирования [8]. На основании структурно-гидрогеологического принципа районирования выделяются гидрогеологические районы в границах геоструктур - природных емкостей, содержащих гравитационные подземные воды. Выделенные по указанному принципу гидрогеологические районы не во всех случаях представляют собой единые гидрогеодинамические системы. Как отмечалось выше, ГМПВ объектов, выделенных по этому принципу, бассейнов подземных вод разных порядков, должен быть обоснован дополнительно. В качестве основы районирования и выделения объекта ГМПВ регионального уровня принято, что объектом ГМПВ регионального уровня является гидрогеодинамическая система по В.А. Всеволожскому - гидрогеологические обособленные бассейны подземного стока с общими направлениями движения поверхностных и подземных вод, определяемыми положениями общего базиса стока [2]. Нижней границей гидрогеодинамической системы является региональный водоупор. В отличие от артезианского бассейна формирование подземных вод гидрогеодинамической системы представляет собой геологически современный процесс, связанный с гидрогеологическим циклом круговорота воды в природе.

Районирование субнапорно-безнапорных вод зоны свободного водообмена по бассейнам стока подземных вод разных порядков, которые, как правило, совпадают с бассейнами поверхностного стока, позволяет



выделить объекты регионального уровня мониторинга различных порядков. Границы таксонов районирования подземных вод зоны свободного водообмена проходят по водоразделам стока подземных вод, которые в большинстве случаев совпадают с поверхностными водоразделами. Дифференциация бассейнов подземного стока зоны свободного водообмена может быть произведена с учетом гидрогеологических условий и глубины вреза эрозионной сети, определяющей мощность дренируемой толщи гидрогеологического разреза. В Казахстане могут выделяться следующие таксоны районирования: бассейны континентального, внутриконтинентального, регионального, местного подземного стока.

К бассейнам континентального подземного стока относятся бассейны морей и океанов. К бассейнам внутриконтинентального подземного стока относятся бассейны внутренних озер, например, озера Балхаш. Бассейны регионального подземного стока выделяются в пределах бассейнов крупных рек (Иртыш, Урал и т.д.) и их притоков. Они контролируют весь подземный сток зоны свободного водообмена. К бассейнам местного стока разного порядка относятся бассейны рек, дренирующие водоносные горизонты зоны свободного водообмена части территории бассейнов регионального стока.

Подсистемы наблюдений, оценки и прогнозирования состояния подземных вод объекта ГМПВ регионального уровня строятся в соответствии с иерархическим порядком выделенного объекта и техногенезом в его пределах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бураков М.М., Подольный О.В. К концепции оптимизации наблюдательной сети государственного мониторинга подземных вод // Гидрометеорология и экология. – 1998. - №3-4. - С. 127-137.
2. Всеволожский В.А. Подземный сток и водный баланс платформенных структур. — М.: Недра, 1983. - 167 с.
3. Ковалевский В.С. Концепция и принципы эколого-гидрогеологического районирования и оценок состояния территорий // Водные ресурсы. – 1996. - том 23, №1. - С. 86-90.
4. Ковалевский В.С. К методологии эколого-гидрогеологического районирования // Водные ресурсы. – 1997. - том 24, №1. - С. 23-26.
5. Методические основы гидрогеологического районирования территории СССР / А.А. Островский, Б.Е. Антыпко, Т.А. Конюхова. - М.: Недра, 1990. - 240 с.
6. Островский В.Н. Двойственное содержание понятия "бассейн подземных вод" // Отечественная геология. – 1999. - №5. - С.66-69.



7. Подольный О.В. Проблемы научного обоснования государственного мониторинга подземных вод Казахстана // Материалы 5-го Международного. Конгресса "Вода: Экология и технология" "Экватэк-2002". - М.: Изд-во СИБИКО. -2002. - С. 589-590.
8. Принципы гидрогеологической стратификации и районирования территории России (Методическое письмо) – М.: Министерство природных ресурсов РФ. – 1998.- 21 с.

Гидрогеоэкологическая научно-производственная  
и проектная фирма "КазГИДЭК"

### **ҚАЗАҚСТАННЫҢ ЖЕР АСТЫ СУЛАРЫНЫҢ МЕМЛЕКЕТТІК МОНИТОРИНГІ ЖҮЙЕСІНДЕГІ ОБЪЕКТ МӘСЕЛЕЛЕРІ**

Геол.-мин. ғылымд. докторы                      О.В. Подольный

*Мемлекеттік мониторинг жасалатын объектінің жер асты сулары жағдайын бақылау, бағалау және болжау кіші жүйелері оның иерархиялық деңгейіне байланысты құрылады. Жер асты сулары мемлекеттік мониторингінің аймақтық деңгейдегі объектісі болып жер үсті және жер асты сулары бір бағытта ағатын гидрогеологиялық бөлек тұрған жер асты суы алабы табылады.*