

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ПОДЗЕМНЫХ ВОД К ТЕХНОГЕННОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ

М.Г. Ясовеев, Д.Д. Таликадзе (Белорусский государственный педагогический университет им. Максима Танка, факультет естествознания, ул. Советская, 18, Минск, Беларусь, 220050, dj50@rambler.ru)

Трансформация качества подземных вод в условиях техногенной нагрузки наиболее достоверно оценивается с помощью экологических индикаторов устойчивости качества подземных вод. Ученные и специалисты различных стран выделяют три типа индикаторов оценки геоэкологического состояния окружающей среды: индикаторов воздействия - В (Pressure indicators), характеризующих воздействие на окружающую среду различных факторов и ее изменение под их влиянием; индикаторов состояния С (State indicators), описывающих состояние различных элементов окружающей среды; индикаторов отклика - О (Response indicators), обосновывающих меры для оздоровления окружающей среды. Эта система индикаторов получила краткое название – ВСО (BSR).

Индикатор – это атрибутивный показатель состояния окружающей среды или ее компонента, фиксирующий наличие воздействия (загрязнение, истощение и т. д.) на них и отклик на это воздействие.

Индекс – это количественная характеристика индикатора, описывающая степень устойчивости окружающей среды к негативному воздействию природных и антропогенных факторов и необходимые решения и меры по возвращению окружающей среды к устойчивому развитию. Индекс может выражаться простой безразмерной величиной, комплексным безразмерным параметром и многодисциплинарным соотношением.

Подземная гидросфера редко имеет непосредственные контакты с источниками загрязнения, которые обычно находятся на поверхности земли или в других соседних сферах. Загрязнение достигает подземных вод с некоторым запозданием. Индикаторами воздействия на подземные воды являются загрязненная атмосфера, биосфера и литосфера. Воздействие их сказывается на подземной гидросфере спустя некоторое время через сложные физико-химические взаимодействия в системе порода - вода - загрязняющее вещество. Техносфера может оказывать и прямое воздействие на подземную гидросферу: например, утечки из негерметичных скважин на нефтяных месторождениях.

Базовая структура индикаторов и индексов устойчивости качества подземных вод основана на индикаторах ВСО. Основными из них являются: индикатор воздействия, характеризующий преимущественно источники загрязнения и их возможное (прогнозное) воздействие на подземные воды; индикатор состояния, характеризующий изменение качества подземных вод под влиянием этого воздействия в различных временных масштабах, и индикатор отклика, описывающий природоохранные мероприятия, направленные на сохранение устойчивости ресурсов подземных вод.

Устойчивость – внутренне присущая системе способность противостоять изменениям. Устойчивость состояния подземных вод заключается в сохранении их природной основы или тех техногенных фоновых показателей, которые сформировались до интенсивного или глобального воздействия на них (эксплуатации месторождений, оросительных систем или крупных предприятий, природных и техногенных катастроф, кислот дождей и др.).

Индексы устойчивости качества подземных вод, характеризующие количественную основу индикаторов воздействия и состояния, по своему содержанию могут быть разделены на следующие группы:

I группа: *индексы поражения* – I_p . Индексы этой группы характеризуют площадное распространение загрязнения и выражаются соотношением площади загрязнения (S_z) к общей площади объекта исследований (S_o). $I_p = S_z / S_o$. Значения индекса изменяются от 0 до 1. Чем большая площадь подвержена загрязнению, тем ближе значения I_p к единице.

II группа: *индексы загрязнения* – I_z (химические индексы). По сумме соотношений концентраций всех загрязнителей состояние подземных вод можно оценить следующим образом: устойчивое – $\sum C_i / ПДК_i < 1$; слабоустойчивое $\sum C_i / ПДК_i = 1-5$; среднеустойчивое – $\sum C_i / ПДК_i = 5-10$; неустойчивое $\sum C_i / ПДК_i = 10-20$; сильно неустойчивое $\sum C_i / ПДК_i = 20-50$; очень сильно неустойчивое (катастрофическое) – $\sum C_i / ПДК_i > 50$.

III группа: *статические индексы* (гидрогеохимические индексы) – I_c . Индексы этой группы характеризуют гидрогеохимическое состояние подземных вод в пределах выделенных участков.

Кроме перечисленных индексов, необходимо учитывать индекс распада при

радиоактивном загрязнении, индекс денитрификации при загрязнении биогенами, индекс комплексобразования при загрязнении тяжелыми металлами, индекс биодegradации при нефтяном загрязнении и другие индексы.

IV группа: *динамические индексы* – И_д. Индексы этой группы характеризуют фильтрационные и миграционные особенности защитной зоны (индикатор воздействия) подземных вод (индикатор состояния). Индексы этой группы могут формироваться как из показателей характеризующих непосредственно подземные воды, так и характеризующих защитную зону.

Источники загрязнения по отношению к размерам области распространения делятся на точечные, локальные, линейные и площадные; по степени гидродинамического влияния на подземные воды – активные и пассивные; по режиму загрязнения постоянные, периодические и импульсные.

Наиболее стойким, способным сохраняться длительное время и мигрировать на большие расстояния является химическое техногенное загрязнение подземных вод. Химическое загрязнение подземных вод обычно проявляется в увеличении общей минерализации, общей жесткости, концентрации сульфатов, хлоридов, нитратов, органических соединений и тяжелых металлов.

Почвы, мощность и строение зоны аэрации, литологический состав водовмещающих пород, наличие слабопроницаемых отложений определяют устойчивость природной среды к техногенному воздействию. В соответствии с интенсивностью воздействия на подземные воды можно выделить три основных состояния гидрогеологической обстановки:

близкое к естественному или слабонарушенному режиму подземных вод, не вызывающее каких-либо тревог;
нарушенное, требующее проведения экологической разведки и разработки профилактических мер;
катастрофическое, приводящее к необратимым изменениям экосистем, здоровья человека.

Катастрофическое состояние среды отмечается в районе Солигорска (зона воздействия калийных производств). Засоление пресных вод привело к образованию здесь рассолов с минерализацией до 110–160 г/дм³, а ареал засоления пресных вод минерализацией около 1 г/дм³ распространился более чем на 2 км. Кроме этого, произошли оседания земной поверхности до 4,0–4,5 м. что вызвало подтопление значительных территорий.

Для оценки степени техногенного воздействия на подземные воды Беларуси проведено районирование территории страны. Районирование основывалось на комплексе оценочных критериев природных и техногенных факторов. Природные факторы учитывали степень устойчивости среды к загрязнению и источнику подземных вод. Комплексными показателями оценки природных факторов служат слои пресных вод, поверхность его подошвы и количество регионально распространённых водоносных горизонтов.

Выделенные техногенные объекты в пределах рассматриваемой территории типизированы следующим образом: объекты горнодобывающей промышленности, мелиорации, месторождения подземных вод, объекты химической, нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности, сельскохозяйственной деятельности, промышленного и гражданского строительства (урбанизированные), военные базы, крупные автомагистрали и железные дороги. Типизация и характеристика наиболее крупных техногенных объектов с оценкой степени воздействия на подземные воды приведена в таблице 1.

Основные изменения под влиянием техногенной деятельности происходят в двух направлениях: изменения условий питания и разгрузки подземных вод, вызывающие изменение соотношения приходных и расходных элементов баланса. Эти процессы вызывают перестройку гидрогеологической структуры водоносных систем и изменение их уровней поверхности; изменения качественных показателей подземных вод при поступлении загрязняющих их веществ из антропогенных источников.

Комплексная оценка гидрогеохимического состояния подземных вод и его картирование с использованием индикаторов и индексов их устойчивости является одним из этапов в общей структуре оценки экологического состояния отдельных регионов, а на основе этих оценок предоставляется возможность разработки мероприятий охраны подземных вод и возвращению регионов к устойчивому развитию.

Известно, что не все природно территориальные комплексы одинаково реагируют на влияние техносферы, одни подвергаются изменениям в большей степени, чем другие, таким образом, уязвимость к загрязнению у разных природно территориальных комплексов разная. Уязвимость окружающей среды к загрязнению – это ее чувствительность или неспособность

сопротивляться загрязнению. Оценка территории по уязвимости к загрязнению является обоснованием мер по ее защите. Уязвимость территории к загрязнению зависит от природных, техногенных и смешанных факторов: 1. глубину залегания уровня грунтовых вод, мощность и проницаемость пород кровли, темпы водообмена, направление и скорость фильтрации загрязнителей, сорбционные свойства пород; 2. условия распространения загрязняющих веществ по площади, наличие нарушенных земель, облегчающих миграцию загрязнителей; 3. сорбционные и миграционные свойства загрязнителей и особенностей их взаимодействия с окружающей средой. Это факторы рассматриваются в конкретных условиях. Фильтрационные и физико-химические свойства пород являются наиболее важными для оценки уязвимости окружающей среды. Однако для региональных оценок чаще анализируется литологический состав пород, зоны аэрации и породы по проницаемости выделяются условно.

Итоговая оценка степени воздействия техногенных объектов на подземные воды оценивалась по степени состояния гидросферы. Всего выделено три таких состояния: опасное, критическое и катастрофическое.

Опасное, но без очевидных последствий. Не отмечается существенных изменений гидродинамических условий (значительных понижении, существенных изменений режима и баланса на значительных территориях, загрязнение подземных вод менее ПДК).

Требуются поисково-гидро-экологические исследования объектов и разработка профилактических мер по предотвращению усиливающегося негативного воздействия на подземные воды.

Критическое. Сильно нарушенные гидрогеологические условия, находящиеся на грани необратимых последствий в окружающей среде. Существенное изменение структуры запасов подземных вод по сравнению с естественными условиями. Образование обширных воронок депрессии (до 20 км). Резкое снижение уровней подземных вод (до 60-70 м). Интенсификация процессов загрязнения подземных вод. Увеличение концентрации вредных компонентов в несколько раз и приближение их концентрации к значениям ПДК.

Требуется принятие неотложных мер по детальным гидроэкологическим исследованиям с целью выбора экономически обоснованных профилактических мероприятий.

Катастрофическое, приводящее к необратимым нарушениям в окружающей среде. В связи с резким изменением гидродинамических и гидрохимических условий гидросферы происходит истощение запасов, осушение рек, просадки земной поверхности, затопление и заболачивание территорий, засоление земель, потери продуктивности почв и прироста древостоев и др.

Требуется проведение комплексных детальных гидроэкологических исследований с оценкой ущерба гидросфере и литосфере с целью разработки мероприятий по снижению нанесенного ущерба окружающей среде с экономическим обоснованием целесообразности дальнейшего функционирования объекта техногенного воздействия.

Таблица 1 – Типизация техногенных объектов по характеру воздействия на пресные подземные воды

Тип техногенного воздействия	Местоположение	Источник воздействия	Последствия и масштабы негативного воздействия	Характер воздействия
Горнодобывающая промышленность	г. Солигорск АО «Беларуськалий»	Шахты, солеотвалы, шламохранилища	Загрязнение пресных подземных вод рассолами. Минерализация вод увеличилась до 160 г/дм ³ . Глубина проникновения рассолов до 120 м, а границы ореолов засоления 2,5 км. Общая площадь загрязнения около 30 км ² . Посадки дневной поверхности до 4,0-4,5 км, подтопление и заболачивание.	Катастрофический

Мелиорация	Полесская низменность	Дренажные сооружения	Осушение грунтового горизонта, изменение режима и баланса подземных вод, уменьшение питания водоносных горизонтов и количества выпадаемых осадков, увеличение минерализации. Понижение уровней до 1 м и более. Осушено 14 тыс. км ² , уничтожено 1,5 км ³ емкостных запасов грунтовых вод. Влияние осушительной мелиорации прослеживается на расстоянии 1-5 км.	Критический
Горнодобывающая промышленность	г. Микашевичи, РУП «Гранит»	Карьер	За счет водоотлива из карьера произошло существенное осушение и уменьшение емкостных запасов горизонта грунтовых вод. Уменьшение стока рек, подсос соленых вод, уменьшение ресурсов подземных вод до 50 тыс. м ³ /сутки. Граница влияния карьера 3-5 км.	Критический
Месторождения подземных вод	Города Гомель, Барановичи, Пинск, Солигорск	Водозаборы подземных вод	Образование обширных воронок депрессий, изменение условий взаимосвязей поверхностных и подземных вод, осушение грунтового горизонта, сокращение речного стока, изменение структуры баланса подземных вод. Изменение качества вод за счет воздействия техногенных объектов. Понижение уровней до 30-70 м, радиус влияния от 3 до 20 км.	Критический
Химическая промышленность	Гомельский химзавод	Отвалы фосфогипса	Загрязнение грунтовых вод в зоне длиной 4 км и шириной 1,0-1,5 км. Минерализация вод 8,0-31,5 г/дм ³ , фосфаты 13,2 г/дм ³ , фтор 38 мг/дм ³ , сульфаты 5,4-7,2 г/дм ³ .	Критический

			Нижне-средне-плеистоценовый горизонт загрязнен на площади 2,6 км ² .	
	Сетлогорский завод искусственного волокна	Биологические пруды, иловые площадки, накопители шлама, поля фильтрации, свалка промышленных отходов	Загрязнение грунтовых вод на площади 2 км ² . Минерализация вод до 3 г/дм ³ , сульфаты 1,4 г/дм ³ , нитраты 46,1 мг/дм ³ , нефтепродукты 1,43 мг/дм ³ , марганец 2,84 мг/дм ³ .	Критический
Переработка нефти	Мозырский НПЗ	Промышленная площадка, биологические пруды, иловые площадки, накопители шлама	Подтопление территории нефтеперерабатывающего завода. Загрязнение грунтовых вод нефтепродуктами.	Опасное
Сельское хозяйство	Гомельская, Минская, Брестская области	Коровники, свинарники, поля орошения стоками, склады минеральных удобрений и места захоронения ядохимикатов	Локальное площадное, периодическая и постоянное загрязнение подземных вод. Изменение гидродинамических условий.	Опасное

Литература

1. Ясовеев М.Г. Геоэкологические проблемы водоснабжения городов Минска и Тбилиси / М.Г. Ясовеев, Д.Д. Таликадзе, О.В. Шершнева // Весці БДПУ. Серыя 3. – 2012. – №1. – С. 38–42.
2. Ясовеев М.Г. Экологические аспекты формирования качества подземных вод на групповых водозаборах Минской агломерации / М.Г. Ясовеев, Д.Д. Таликадзе, А.А. Колосовский // Весці БДПУ. Серыя 3. – 2013. – №1. – С. 19–23.

Аннотация

УДК 911.2 : 556.5 **Ясовеев М.Г., Таликадзе Д.Д.** Геоэкологическая устойчивость подземных вод к техногенному воздействию.

В работе рассмотрены методы оценки геоэкологической устойчивости подземных вод к техногенному воздействию. Кроме этого приводятся результаты исследований степени и характера техногенного воздействия разных источников техногенеза на подземную гидросферу.

Табл. 1. Библиогр.: 2.

Анотацыя

УДК 911.2 : 556.5 **Ясовееў М.Г., Талікадзе Д.Д.** Геаэкалагічная устойлівасць падземных вод к техногеннаму уздзеянню.

У рабоце разглядзены метады ацэнкі геаэкалагічнай устойлівасці падземных вод к техногеннаму уздзеянню. Акрамя гэтага прыводзяцца вынікі даследаванняў ступені і характара техногеннага уздзеяння розных крыніц техногенезу на падземную гідрасферу.

Табл. 1. Бібліягр.: 2.

Summary

UDC 911.2 : 556.5 **Yasoveev M.G., Talikadze D.D.**

Geoecological sustainability of groundwater to human impact. The work discusses the methods of assessment of geoecological sustainability of groundwater to human impact. The results of research degree and nature of the different sources of anthropogenic impact on technogenesis underground hydrosphere.

Tab. 1. Refs. 2.

Сведения об авторах:

1. М.Г. Ясовеев профессор, доктор геолого-минералогических наук, заведующий кафедрой экономической географии и охраны природы БГПУ; направление исследований – “Прикладная геоэкология”; общее количество работ 350 (из них 19 монографий, 108 статей, 12 учебников).
2. Д.Д. Таликадзе, аспирант кафедры экономической географии и охраны природы БГПУ, направление исследований – “Геоэкологическая оценка водных ресурсов”, общее количество работ – 13.

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ