

УДК 911.2:556.531 (476)

**М.Г. Ясовеев**, доктор геолого-минералогических наук, профессор,  
заведующий кафедрой экономической географии и охраны природы БГПУ,

**Д.Д. Таликадзе**, соискатель кафедры экономической географии и  
охраны природы БГПУ,

**О.В. Шершнев**, доцент кафедры географии ГГУ,

**А.И. Андрухович**, аспирант кафедры экономической географии и  
охраны природы БГПУ

**Аль-Дулейми Хамид Дахил Айад**, аспирант кафедры экономической  
географии и охраны природы БГПУ,

## **ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ПОДЗЕМНОЙ ГИДРОСФЕРЫ**

**Введение.** Рост промышленности, химизация сельского хозяйства, развитие транспорта и других источников воздействия техногенной нагрузки на ландшафтную оболочку внушают серьезную угрозу ресурсам пресных вод подземной гидросферы.

**Цель работы** – разработать эффективную методику комплексной оценки геоэкологического состояния подземной гидросферы. Объекты изучения – водные ресурсы, используемые в водоснабжении, а также источники и динамика техногенного воздействия на подземные воды.

**Методика исследования.** Нами предложена методика оценки геоэкологической устойчивости подземной гидросферы, которая состоит из 3-х этапов. На первом этапе исследований применяется системный анализ существующих методик геоэкологических исследований, в том числе концепция индексов оценки геоэкологического состояния водных ресурсов. На следующем этапе, исследования проводятся в рамках алгоритма комплексной оценки геоэкологических проблем водоснабжения. На заключительном этапе исследований проводится оценка геоэкологического

состояния подземной гидросферы Беларуси в районах интенсивного развития техногенных процессов.

***Алгоритм комплексной оценки состояния подземной гидросферы.***

Причинно-следственные связи между природными и техногенными факторами формирования водных ресурсов, определяющие качество воды, можно выявить при комплексных исследованиях. На основании анализа существующих методик геоэкологических исследований, критериев оценки качества вод и структуры техногенного воздействия на водные ресурсы нами разработан алгоритм, позволяющий провести оценку устойчивости подземной гидросферы к техногенному воздействию (табл. 1).

**Таблица 1 – Алгоритм комплексной оценки устойчивости подземной гидросферы к техногенному воздействию**

№	Этап	Содержание работы
1	Изучение ресурсов подземных вод (РПВ)	Предварительная оценка РПВ территории исследования
2	Изучение качества РПВ	Оценка качества подземных вод
3	Оценка степени устойчивости геологической среды к техногенному воздействию	Оценка степени устойчивости геологической среды по схеме (табл. 2). Если сумма баллов равна или менее 13 – высокая степень устойчивости, 14-18 баллов – средняя, 19-23 – низкая, более 23 – весьма низкая.
4	Определение источников, динамики и площади техногенного воздействия на РПВ	Анализ литературных, фондовых, картографических материалов, обработка материалов полевых исследований. Оценка роли источников загрязнения в формировании геоэкологического состояния подземной гидросферы по четырёхбалльной шкале: 1 балл – локальный уровень и умеренная интенсивность; 2 балл – локальный уровень, но существенная интенсивность; 3 балла – региональный уровень, но умеренная интенсивность; 4 балла – региональный уровень и существенная интенсивность.
5	Определение геоэкологического состояния подземной гидросферы	На основании проведенных исследований и индикаторов ВСО выделяются участки с разным геоэкологическим состоянием подземной гидросферы.

Известно, что все природно-территориальные комплексы (ПТК) в разной степени реагируют на воздействие техносферы, одни подвергаются изменениям в большей степени, чем другие, следовательно, устойчивость к воздействию разных природно-территориальных комплексов разная. Устойчивость окружающей среды к техногенезу – это ее способность сопротивляться разнообразным процессам техногенной дестабилизации её первоначального состояния.

Подземная гидросфера часто 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: нарушенный состав атмосферы, биосферы и литосферы. Воздействие их сказывается на подземной гидросфере через сложные физико-химические взаимодействия в системе горная порода - вода - загрязняющее вещество.

Необходимо подчеркнуть, что устойчивость это – внутренне присущая любой природной системе способность противостоять изменениям [5]. Устойчивость состояния подземной гидросферы зависит от многих факторов (табл. 2) [6,5]. Прежде всего, она зависит от вмещающей подземные воды геологической среды.

**Таблица 2 – Факторы, влияющие на устойчивость геологической среды к техногенному воздействию**

Фактор	Свойства – (балл)		
1	2		
Водопроницаемость грунта	Низкая (1)	Средняя (2)	Высокая (3)
Увлажненность грунта	Слабая (3)	Средняя (2)	Избыточная (1)
Запасы подземных вод	Обильные (1)	Достаточные (2)	Ограниченные (3)
Коэффициент увлажнения	Менее 1 (3)	От 1 до 2 (2)	Более 2 (1)
Гранулометрический состав грунта	Песок и супесь (1)	Суглинок (2)	Глина (3)

1	2		
Глубина залегания грунтовых вод	Очень близко к поверхности (3)	Средняя (2)	Глубоко, с отсутствием грунтовых вод (1)
Тип рельефа	Равнинный (1)	Плоскогорный (2)	Горный (3)
Расчленённость рельефа	Низкая (1)	Средняя (2)	Высокая (3)
Интенсивность современных геологических процессов	Слабая (1)	Средняя (2)	Высокая (3)

***Экологические индикаторы устойчивости качества подземных вод.***

Трансформация качества подземной гидросферы в условиях техногенной нагрузки наиболее достоверно оценивается с помощью экологических индикаторов устойчивости качества подземных вод [2]. Ученые и зарубежные специалисты разных стран выделяют три типа индикаторов оценки геоэкологического состояния природной среды: индикаторы воздействия – В (Pressure indicators), характеризующие воздействие на природную среду различных факторов и ее изменение под их влиянием; индикаторы состояния – С (State indicators), описывающие состояние различных элементов окружающей среды; индикаторы отклика – О (Response indicators), обосновывающие меры для оздоровления окружающей среды и в том числе подземной гидросферы. Эта система индикаторов получила краткое название – ВСО (BSR).

*Индикатор* – это атрибутивный показатель состояния природной 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 природной среды к негативному воздействию природных и техногенных факторов и необходимые решения, меры по возвращению природной среды к устойчивому развитию. Индекс

может выражаться простой безразмерной величиной, комплексным безразмерным параметром и соотношением разных групп показателей между собой.

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* –  $I_{\text{п}}$ . Индексы этой группы характеризуют площадное распространение техногенных воздействий и выражаются соотношением площади загрязнения ( $S_3$ ) к общей площади объекта исследований ( $S_0$ ).  $I_{\text{п}}=S_3/S_0$ . Значения индекса изменяются от 0 до 1, чем большая площадь подвержена воздействию, тем ближе значения  $I_{\text{п}}$  к единице.

II. группа: *индексы загрязнения* –  $I_3$  (химические индексы). По сумме соотношений концентраций всех загрязнителей состояние подземных вод можно оценить следующим образом: устойчивое –  $\sum C_i / \text{ПДК}_i < 1$ ; слабоустойчивое  $\sum C_i / \text{ПДК}_i = 1-5$ ; среднеустойчивое –  $\sum C_i / \text{ПДК}_i = 5-10$ ; неустойчивое  $\sum C_i / \text{ПДК}_i = 10-20$ ; сильно неустойчивое  $\sum C_i / \text{ПДК}_i = 20-50$ ; очень сильно неустойчивое (катастрофическое) –  $\sum C_i / \text{ПДК}_i > 50$ .

III. группа: *статические индексы* (гидрогеохимические индексы) –  $I_{\text{с}}$ . Индексы этой группы характеризуют гидрогеохимическое состояние подземных вод в пределах исследуемых участков.

IV. группа: *динамические индексы* –  $I_{\text{д}}$ . Индексы этой группы характеризуют фильтрационные и миграционные особенности защитной зоны (индикатор воздействия) подземных вод (индикатор состояния). Индексы этой группы могут формироваться из показателей характеризующих непосредственно подземные воды.

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 состояниях геэкологической обстановки: близкое к естественному или слабонарушенному режиму подземных вод; нарушенное, требующее проведения геэкологических исследований, разработки мероприятий по минимизации воздействия; катастрофическое, приводящее к необратимым изменениям экосистем и здоровья населения.

Катастрофическое состояние природной среды характерное для Солигорского горнопромышленного района (зона воздействия калийных производств). Засоление пресных вод привело к образованию здесь рассолов с минерализацией до 110-160 г/дм<sup>3</sup>, а ареал засоления пресных вод с минерализацией около 10 г/дм<sup>3</sup> распространился более чем на 4-5 км. Кроме этого, произошли оседания земной поверхности глубиной до 4,0-4,5 м, что вызвало подтопление территорий.

Основные изменения подземной гидросферы под влиянием техногенной деятельности происходят в двух направлениях: первое – изменение условий питания и разгрузки подземных вод, вызывающие изменение соотношения приходных и расходных элементов баланса; второе – непосредственное загрязнение вод [3].

Комплексный анализ гидрогеохимического состояния подземных вод и его картирование с использованием индикаторов и индексов их устойчивости является одной из составляющих общей структуры экологического состояния территории на региональном уровне. На основе этих оценок разрабатываются мероприятия охраны подземных вод и возвращению регионов к устойчивому развитию.

На основании разработанной методики нами выделены крупнейшие территории Беларуси с катастрофическим и нарушенным геэкологическим состоянием подземной гидросферы (табл. 3) [4,1].

**Таблица 3 – Территории геоэкологического состояния подземной гидросферы**

Наименование объекта	Источник техногенеза	Последствия и масштабы воздействия
1.	2.	3.
Солигорский горнопромышленный район; катастрофическое	Шахты, солеотвалы, шламохранилища (горнодобывающая промышленность)	Загрязнение пресных подземных вод рассолами. Минерализация грунтовых вод до 160 г/дм <sup>3</sup> . Глубина проникновения рассолов до 120 м, площадь загрязнения около 30 км <sup>2</sup> , подтопление и заболачивание.
Полесская низменность; нарушенное	Дренажные сооружения, мелиорация	Осушение грунтового горизонта, уменьшение питания водоносных горизонтов, увеличение минерализации. Осушено 14 тыс. км <sup>2</sup> , уничтожено 1,5 км <sup>3</sup> запасов грунтовых вод.
Микашевичский горнопромышленный район; нарушенное	Карьеры (горнодобывающая промышленность)	За счет водоотлива из карьеров произошло уменьшение запасов горизонта грунтовых вод. Уменьшение стока рек, подсос соленых вод, уменьшение ресурсов подземных вод. Граница влияния карьеров до 5 км.
Водозаборы подземных вод городов Гомель, Барановичи, Пинск, Солигорск, Минск; нарушенное	Промышленность, ЖКХ, с-х объекты, транспортная инфраструктура, застройки с отсутствием централизованных систем водоотведения	Образование обширных воронок депрессий, осушение грунтового горизонта, сокращение речного стока. Изменение качества вод за счет техногенного воздействия. Понижение уровней до 30-70 м, радиус влияния от 3 до 20 км.
Гомельский районный химзавод; нарушенное	Отвалы фосфогипса (химическая промышленность)	Загрязнение грунтовых вод площадью 12 км <sup>2</sup> и шириной 1,0-1,5 км. Минерализация вод 8,0-31,5 г/дм <sup>3</sup> . Нижне-средне-плейстоценовый горизонт загрязнен на площади 2,6 км <sup>2</sup> .

1.	2.	3.
Светлогорский район; нарушенное	Биологические пруды, иловые площадки, накопители шлама, поля фильтрации, свалка промышленных отходов (химическая промышленность)	Загрязнение грунтовых вод на площади 2 км <sup>2</sup> . Минерализация вод до 3 г/дм <sup>3</sup>
Мозырский районный НПЗ; нарушенное	Промышленная площадка, биологические пруды, иловые площадки, накопители шлама	Подтопление территории нефтеперерабатывающего завода. Загрязнение грунтовых вод нефтепродуктами.

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 [7].

**Выводы.** Разработанный нами алгоритм позволяет эффективно провести комплексную оценку геоэкологического состояния подземной гидросферы. Проведенные исследования показали, что на территории Беларуси катастрофическое состояние подземной гидросферы наблюдается только в Солигорском горнопромышленном районе. Нарушенное состояние подземной гидросферы в окрестностях городов Микашевичи и Светлогорска, районе Мозырского НПЗ, водозаборах подземных вод городов Гомель, Барановичи, Пинск, и водозаборах «Новинки», «Зеленовка», «Дражня» г. Минска. Локальные очаги нарушенного состояния также встречаются в местах интенсивной мелиорации на Полесской низменности, в районах с развитой структурой животноводства и др.



## Литература

1. Национальный доклад о состоянии окружающей среды Республики Беларусь // Минприроды РБ [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: [http://minpriroda.by/ru/new\\_url\\_1968165295/new\\_url\\_1467880245](http://minpriroda.by/ru/new_url_1968165295/new_url_1467880245). Дата доступа : 27.07.2012.
2. Пояснительная записка к серии гидрогеологических карт территории Беларуси масштаба 1:500000 / «БелНИГРИ», Минск, 2010 - 102 с.
3. *Станкевич, Р.А.* Минское месторождение глубоких артезианских вод / Р. А. Станкевич ; АО «Недраинвест», ПО «Беларусьгеология», Бел. науч.- исслед. геологоразведоват. ин-т. // Минск : Бел. наука, 1997. - 88 с.
4. *Ясовеев, М.Г.* Геоэкологическая оценка качества пресной питьевой воды / М.Г. Ясовеев, Д.Д. Таликадзе, О.В. Шершнеф / Вести БГПУ. Серия 3. 2012. №3. С. 16-22.
5. *Ясовеев, М.Г.* Геоэкологические проблемы водоснабжения городов Минска и Тбилиси / М.Г. Ясовеев, Д.Д. Таликадзе, О.В. Шершнёв – Вести БГПУ, Минск – 2012, №1, серия 3. С. 38-42.
6. *Ясовеев, М.Г.* Геоэкология Беларуси / М.Г. Ясовеев, В.Б. Таранчук и др. – Минск, Право и экономика, 2006 – 366 с.
7. *Ясовеев, М.Г.* Экологические аспекты формирования качества пресных подземных вод на групповых водозаборах Минской агломерации / М.Г. Ясовеев, Д.Д. Таликадзе, А.А. Колосовский // Вести БГПУ. Серия 3. – 2013. – №1. – С. 19–23.

## **Аннотация**

**УДК 911.2:556.531 (476)**

**Ясовеев М.Г., Таликадзе Д.Д., Шершнев О.В., Андрухович А.И., Аль-Дулейми Хамид Дахил Аяад** Геоэкологическая устойчивость подземной гидросферы // Вести БГПУ. Серия 3. 2014. №1. С.

На основании анализа существующих методик геоэкологических исследований разработан алгоритм комплексной оценки экологического состояния подземной гидросферы. Обосновано выделение районов с разным геоэкологическим состоянием подземной гидросферы.

Табл. - 3. Библиогр. – 7 назв.

## **Summary**

**UDC 911.2:556.531 (476)**

**Yasoveev M.G., Talikadze D.D., Shershnev O.V., Andruhovich A.I., Al-Dulajmi Hamid Dahil Ajjad** Geoecological stability of underground hydrosphere // Vesti BSPU. Series 3. 2014. № 1. S.

Based on the analysis of existing methods geoenvironmental research developed an algorithm for integrated assessment of ecological condition of the underground hydrosphere. Justified the selection of areas with different geoecological condition of the underground hydrosphere.

Tab. - 3. Refs. - 7 titles.