



студентам  
учреждений  
высшего  
образования

Ю.А. Гледко

# Гидрогеология



Ю.А. Гледко

# Гидрогеология

---

*Допущено  
Министерством образования  
Республики Беларусь  
в качестве учебного пособия  
для студентов учреждений  
высшего образования  
по специальности  
«География (гидрометеорология)»*



Минск  
«Вышэйшая школа»  
2012

УДК 556.3(075.8)  
ББК 26.35я73  
Г53

Рецензенты: кафедра геологии и разведки полезных ископаемых учреждения образования «Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины» (кандидат географических наук, доцент *А.И. Павловский*); заведующий кафедрой экономической географии и охраны природы учреждения образования «Белорусский государственный педагогический университет имени М. Танка» доктор геолого-минералогических наук, профессор *М.Г. Ясовеев*

*Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или любой ее части не может быть осуществлено без разрешения издательства*

**Гледко, Ю. А.**

Г53 Гидрогеология : учеб. пособие / Ю. А. Гледко. – Минск : Выш. шк., 2012. – 446 с.: ил.  
ISBN 978-985-06-2126-9.

Освещены общие вопросы гидрогеологии, дается системное представление о подземных водах, их происхождении, классификации, составе, условиях движения и формирования. Рассматриваются принципы гидрогеологического районирования, проблемы использования и охраны подземных вод: пресных, минеральных, лечебных, промышленных и теплоэнергетических.

Особое внимание уделяется гидрогеологическому районированию и использованию подземных вод Беларуси. Описаны основные водоносные горизонты и комплексы, представлена схема гидродинамической зональности основных гидрогеологических структур и гидрохимической зональности платформенного чехла. Освещаются также проблемы водообеспечения и совершенствования технологий водоснабжения.

Для студентов географических и геологических специальностей учреждений высшего образования.

**УДК 556.3(075.8)**  
**ББК 26.35я73**

**ISBN 978-985-06-2126-9**

© Гледко Ю.А., 2012  
© Издательство «Вышэйшая школа», 2012

## ВВЕДЕНИЕ

«Гидрогеология» входит в состав теоретических и практических дисциплин для подготовки специалистов по специальности «География», в том числе по направлению «Гидрометеорология». Цель дисциплины – формирование у студентов целостного представления о строении и происхождении подземной гидросферы, о взаимодействии поверхностных и подземных вод, закономерностях географического размещения подземных вод, их движения, а также приобретение навыков по основным методам гидрогеологических исследований и прогнозов.

Изучение курса позволит специалистам в области гидрометеорологии грамотно решать многие народнохозяйственные задачи, связанные с комплексным использованием и охраной водных ресурсов, эффективным управлением поверхностным и подземным стоками, прогнозированием минимальных расходов рек для гидроэнергетического проектирования, водоснабжения и других отраслей хозяйства, читать гидрогеологические разрезы и карты, выполнять расчеты подземной составляющей водных балансов речных бассейнов и отдельных водоемов.

Вода земных недр – важнейшее для человека полезное ископаемое. Она широко используется как лечебное средство (минеральные воды курортов и санаториев) и в качестве горнохимического сырья для промышленного извлечения из нее ценных компонентов. Без воды невозможен ни один геологический процесс в недрах и на поверхности Земли, с ее участием создаются и разрушаются месторождения полезных ископаемых.

Особенно велика роль гидрогеологии при проведении различных экологических, и в частности геоэкологических, исследований. В силу своей мобильности вода способствует миг-

рации различных загрязнителей и в то же время часто является объектом загрязнения.

Учебная дисциплина представляет систему взглядов, отражающую современный уровень знаний. При этом рассматриваются такие проблемные и дискуссионные вопросы, как генезис подземной гидросферы, эволюция состава подземных вод, геологическая форма движения воды. Большое внимание уделяется также прикладным проблемам, например проблемам экологической гидрогеологии и водообеспечения.

## ЧАСТЬ 1

# ОБЩАЯ ГИДРОГЕОЛОГИЯ

---

---

### 1. Гидрогеология как наука, научные методы и задачи гидрогеологии. История развития науки

#### 1.1. Гидрогеология как наука, научные методы и задачи гидрогеологии

Согласно большинству существующих определений, **гидрогеология** – это наука, которая изучает подземные воды планеты: закономерности их распространения в земной коре, условия залегания и движения, их свойства и состав, взаимодействие с горными породами, а также условия и возможности их хозяйственного использования. Более правильно считать, что гидрогеология как подразделение наук естественного цикла изучает подземную часть гидросферы планеты (или подземную гидросферу по Ф.П. Саваренскому, М.Л. Овчинникову, Е.В. Пиннекеру и др., или гидрогеосферу по Н.И. Плотникову), законы ее строения и развития, процессы, происходящие в ней в естественных условиях и в условиях интенсивного антропогенного воздействия.

Основным *объектом* исследования гидрогеологии являются **подземные воды** – главный элемент гидросферы, особенности которого определяют содержание и методологию науки.

Гидрогеология – дисциплина геологическая. Изучение подземных вод методологически неправильно, а в ряде случаев и невозможно проводить вне исследования горных пород, геологических структур земной коры, их строения и истории развития, вне познания геологических процессов, происходящих

в земной коре и мантии. Академик В.И. Вернадский, оценивая роль воды (в том числе подземной) в истории развития планеты, считал, что «нет природного тела, которое могло бы сравниться с ней (водой) по влиянию на ход основных самых грандиозных геологических процессов» (1931). Отсюда становится очевидной тесная взаимная связь гидрогеологии с геологией, геохимией, минералогией и другими науками геологического цикла.

Вместе с тем гидрогеология – это отрасль гидрологии в широком понимании, поскольку подземные воды представляют собой водный объект, являясь частью единой гидросферы Земли. Можно считать, что все молекулы воды, находящиеся в атмосфере, горных породах, живом веществе, являлись в некоторый период своей истории частью единой гидросферы Земли и при определенных условиях могут быть включены в состав водной оболочки планеты. Необходимость изучения и использования процессов водообмена между подземной частью гидросферы и ее поверхностной частью, а также атмосферой планеты связывает гидрогеологию с метеорологией, гидрологией суши, океанологией и другими науками этого цикла.

Как часть водной оболочки планеты подземные воды обладают важнейшим свойством воды – подвижностью, которая сохраняется (в жидком и газообразном состояниях) при определенных условиях до значительных глубин геологического разреза. В связи с этим важным представляется изучение количества и формы движения подземных вод. Широкое использование расчетных методов и моделирования определяет тесную связь гидрогеологии с науками математического цикла, в том числе с вычислительной математикой (ЭВМ) и некоторыми разделами физики (механика сплошных сред, гидравлика, термодинамика и др.).

Подземные воды во всех без исключения случаях представляют собой не просто совокупность молекул  $H_2O$ , а сложные природные системы, содержащие в растворенном, коллоидном, свободном состоянии различные минеральные вещества, органические соединения и газы. Содержание химических элементов в подземных водах включает практически всю периодическую систему Менделеева плюс сложно построенные комплексы минеральных, органических и органо-минеральных соединений. Исследование химической природы объекта, условий и закономерностей ее формирования невозможно без знания физической и коллоидной химии, химии органических

соединений, а также микробиологии и биохимии, когда необходимо оценить роль «живого вещества» в процессах формирования химического состава подземных вод.

Использование подземных вод чрезвычайно разнообразно. Вода земных недр – важнейшее для человека полезное ископаемое: пресные подземные воды применяются для питьевого, хозяйственного и другого водоснабжения, минеральные лечебные, минеральные промышленные воды – для получения ряда химических веществ, термальные – для получения электроэнергии и теплофикации. Изучение подземных вод важно при мелиоративных работах, целью которых является создание оптимального водного режима на сельскохозяйственных землях; в геологических исследованиях при поисках, разведке и эксплуатации определенных типов месторождений полезных ископаемых, в том числе нефтяных и газовых; для гидрогеологического обоснования различных видов строительства, прежде всего гидротехнического, промышленного, городского и др.; при решении вопросов охраны природы, собственно подземных вод как природного объекта, охраны ландшафтов, поверхностных вод и др.

Разнообразие видов практического использования подземных вод определило тот факт, что в течение достаточно длительного времени, особенно в XIX–XX вв., гидрогеология развивалась главным образом как прикладная наука, призванная решать конкретные задачи хозяйственной деятельности человека. Во второй половине XX в. все возрастающие масштабы использования геологической среды и подземных вод как ее важнейшего элемента потребовали не только решения практических задач (рациональное комплексное использование подземной гидросферы, разработка долгосрочных прогнозов влияния человека на подземную часть гидросферы и в недалеком будущем управление подземной гидросферой планеты, прежде всего верхней ее частью, где протекает хозяйственная деятельность человека), но и разработки фундаментальных теоретических положений гидрогеологии (познание основных законов развития подземной гидросферы планеты, количественная оценка природных процессов, протекающих в ней, и роль этих процессов в геологической истории Земли, геохимии горных пород земной коры, формировании (и разрушении), а следовательно, размещении определенных видов месторождений полезных ископаемых и др.).

В соответствии с вышеизложенным в гидрогеологии могут быть выделены следующие теоретические направления:

- общая гидрогеология (основы учения о подземной гидросфере, появлении и закономерностях распределения воды в недрах Земли);

- региональная гидрогеология (закономерности распространения подземных вод в земной коре, типы гидрогеологических структур, формирование различных типов подземных вод);

- гидрогеодинамика (исследование законов движения подземных вод, закономерностей формирования их гидродинамического режима и ресурсов);

- гидрогеохимия (исследование законов миграции химических элементов в подземной гидросфере и процессов формирования химического состава подземных вод);

- гидрогеотермия (исследование термических свойств и процессов теплопереноса с подземными водами);

- палеогидрогеология (происхождение и история развития подземной гидросферы, исследование роли подземных вод в геологических процессах).

В методические и прикладные направления могут быть включены:

- методика гидрогеологических исследований – методы проведения гидрогеологических исследований (съёмка, поисково-разведочные, режимные, опытные и камеральные работы);

- методика оценки ресурсов подземных вод – выявление типов месторождений подземных вод, условий формирования и оценка ресурсов подземных вод разного типа;

- гидрогеология месторождений полезных ископаемых – гидрогеологические методы поисков месторождений полезных ископаемых, гидрогеологическое обоснование шахтного строительства и условий эксплуатации месторождений разного типа;

- мелиоративная гидрогеология – гидрогеологические исследования при проектировании мелиоративных систем, оптимизация водно-солевого режима мелиорируемых земель;

- инженерная гидрогеология – гидрогеологические изыскания при проектировании и строительстве инженерных сооружений различного типа;

- экологическая гидрогеология – охрана подземных вод, гидрогеологические аспекты охраны природной (геологической) среды;

- мониторинг подземных водных объектов – систематические (многолетние) наблюдения за состоянием и изменением режима и баланса подземных вод, их состава и качества.

Гидрогеология использует *методы* исследования, применяемые в науках о Земле и трансформированные относительно изучения подземной гидросферы. Разработка теоретических разделов гидрогеологии и решение конкретных (прикладных) задач осуществляются с использованием собственно гидрогеологических методов, таких как *полевые методы* (маршрутные исследования, гидрогеологическое бурение, опытно-фильтрационные работы, наблюдения за режимом подземных вод и др.), *методы камеральной обработки полевых материалов, лабораторные методы исследования* (гидрогеохимические, фильтрационные и др.) и *методы гидрогеологического моделирования*. Широкое распространение получили методы фундаментальных наук – физические, химические, физико-химические, математические, экологические.

В целях количественно-качественной оценки различных компонентов подземной гидросферы гидрогеология ориентируется на натурные исследования, поисково-разведочные работы и геофизические методы. В гидрогеологию раньше, чем в смежные науки, стали внедряться расчеты, лабораторные эксперименты и моделирование природных процессов.

## 1.2. История развития науки

Гидрогеология как самостоятельная отрасль знания возникла более 100 лет назад – на рубеже 70–80-х гг. XIX в. В 1880-х гг. терминами «гидрогеология» и «гидрогеологический» стали широко пользоваться в России.

За прошедшее время гидрогеология превратилась в комплексную науку. Вода земных недр относится к важнейшим полезным ископаемым. В некоторых странах она стала основным, а иногда единственным источником питьевого водоснабжения и орошения. Кроме того, подземные воды в виде минеральных и бальнеологических вод используются в лечебных и профилактических целях. Особая разновидность подземных вод – рассолы – ценнейшее сырье для многих отраслей народного хозяйства страны. Вода является участником всех геологических процессов, происходящих в недрах Земли, с ее участием формируются и разрушаются месторождения полезных ископаемых.

Имеющиеся неполные данные свидетельствуют о том, что уже в 3000–2000 гг. до н.э. на Ближнем Востоке, в Средней Азии, Китае и других странах, прежде всего в засушливых районах, подземные воды интенсивно использовались для питьевого и хозяйственного водоснабжения: сооружались достаточно глубокие и сложные водосборные галереи, эксплуатировавшие подземные воды конусов выноса и аллювиальных отложений. В древнем Китае существовала техника бурения и горных работ, которая позволяла сооружать водозаборные колодцы глубиной до 1200–1500 м, откуда получали подземные рассолы.

Первая известная работа, в которой с общеподлинных позиций рассматривается роль воды на планете, в том числе и проблема происхождения подземных вод, принадлежит философу *Фалесу Милетскому* (около VI в. до н.э.). По его мнению, подземная вода образуется за счет морской воды, которая под действием ветра нагнетается в земные недра и в результате давления горных пород выходит на поверхность Земли, образуя родники. Древнегреческий философ Платон (427–347 гг. до н.э.) также считал, что происхождение подземных вод связано с фильтрацией морской воды в берега. Аристотель (384–322 гг. до н.э.) предполагал, что подземная вода формируется главным образом за счет сгущения воздуха (водяного пара), поступающего из недр Земли (и, вероятно, с поверхности), а какая-то часть подземной воды образуется путем просачивания через поверхность Земли дождевой воды.

Философы Древнего Рима (Т. Лукреций Кар, А. Сенека, Г. Плиний Старший и др.) в той или иной мере использовали и развивали представления Платона и Аристотеля о происхождении подземных вод. Римский инженер *Марк Витрувий Поллион* (I в. до н.э.) в труде «Об архитектуре» дал наиболее правильное (с современной точки зрения) объяснение процесса формирования подземных вод за счет просачивания или инфильтрации (*инфильтрационная теория* происхождения подземных вод) атмосферных осадков, выпадающих на поверхность Земли. В то же время им не отвергалась возможность происхождения подземных вод в процессе конденсации водяного пара. Другим представителем римской философской школы, Луцием Аннеем Сенекой (начало I в. н.э.), на основании идей Аристотеля было сформулировано положение о невозможности происхождения подземных вод за счет инфильтрации атмосферных осадков (источником подземной воды считались только процессы конденсации водяного пара). Это поло-

жение принималось европейскими философами в качестве основного на протяжении более 1500 лет. В Средние века более скрупулезно в сравнении с европейскими учеными подошли к изучению формирования и использования подземных вод философы Ближнего Востока и Средней Азии (районов традиционного интенсивного использования подземных вод в хозяйственных целях). Хорезмский мыслитель А. аль-Бируни (973–1048) рассматривал вопросы движения подземных вод и формирования фонтанирующих источников (колодцев). Персидский ученый М. Каради (X в.) посвятил свою работу «Поиски скрытых под землей вод» основным проблемам формирования, поиска и использования подземных вод.

В XVI–XVII вв. ряд европейских ученых-естествоиспытателей – Г. Агрикола (Бауэр) (1494–1555), Б. Палисси (1510–1590), Р. Декарт (1596–1650), И. Кеплер (1571–1630), А. Кирхер (1601–1680), развивая идеи древних философов и систематизируя накапливающиеся фактические данные в различной постановке, рассматривают вопросы происхождения подземных вод и их движения в земной коре.

Первые количественные представления о возможности формирования подземных вод за счет инфильтрации атмосферных осадков были получены французскими учеными П. Перро (1608–1680) и Э. Мариоттом (1620–1684) на основе исследования водного баланса бассейна р. Сена. В «Происхождении источников» (1674) Перро и «Трактате о движении вод» (1717) Мариотта по результатам измерения количества атмосферных осадков и расхода р. Сена в створе Королевского моста в Париже показано, что речной сток Сены составляет менее 20% (1/6) от суммарного количества атмосферных осадков. Был сделан вывод о том, что за вычетом испарения значительная часть выпадающих осадков (около 30%) расходуется на инфильтрационное питание подземных вод. Мариотт рассматривал также механизм просачивания атмосферных осадков, представление о существовании водоносных и водоупорных пород, зависимость дебитов источников от количества выпадающих атмосферных осадков и др. С его именем стали связывать идею плювиального (дождевого) происхождения подземных вод.

Значительный вклад в разработку важнейших направлений гидрогеологической науки внес русский ученый-энциклопедист *М.В. Ломоносов*. В работах «О слоях земных», «О рожде-

нии металлов от трясения земли» и других он связывал происхождение подземных вод с количеством и просачиванием атмосферных осадков, рассматривал различную проницаемость горных пород по отношению к воде, рассуждал о процессах взаимодействия подземных вод с горными породами. Ученый достаточно полно представлял условия формирования подземных вод, их взаимодействие с поверхностными и атмосферными водами, роль процессов взаимодействия подземных вод с минеральным веществом горной породы с точки зрения формирования состава воды, переноса минеральных веществ подземными водами и др.

Возникновение гидрогеологии как науки относится ко второй половине XIX в., поскольку именно тогда наступил серьезный перелом в познании региональных гидрогеологических закономерностей и оформлении гидрогеологической теории. Научные споры о происхождении подземных вод, главным образом о роли процессов инфильтрационного питания и конденсации водяного пара, продолжались (Л. Эли де Бомон, О. Фольгер, Е. Вольни и др.). Работы А. Добре (1887) и И. Гааза (1885) могут рассматриваться в качестве первых учебников гидрогеологии, хотя сам термин «гидрогеология» в них не употребляется.

В 1902 г. австрийским геологом Э. Зюссом предложена гипотеза *ювенильного* происхождения подземных вод (ювенильные воды) за счет процессов синтеза водорода и кислорода в магматических расплавах (мантийное происхождение подземных вод). В 1902–1908 гг. Н.И. Андрусовым, Г. Гефером и А.Ч. Лейном независимо друг от друга выдвинута гипотеза *седиментогенного* происхождения подземных вод за счет «захоронения» морских вод в процессе образования донных осадков и их последующего «отжатия» при уплотнении и литификации.

Первое математическое описание движения подземных вод (закон фильтрации) дано французским инженером-гидравликом *Анри Дарси* в 1856 г. на основании результатов экспериментального изучения фильтрации воды в лабораторных условиях. Можно считать, что обоснование этого закона положило начало исследованиям в области теории движения подземных вод и фильтрационных расчетов. Дальнейшая разработка теории гидрогеологических расчетов осуществлялась Ж. Дюпюи (1857), А. Тимом (1887), Ф. Форхгеймером, Ч. Сликхтером (1899) и, уже в XX в., Ч. Тейсом, М. Маскетом, а также в рабо-

тах русских ученых Н.Е. Жуковского, А.А. Краснопольского, Н.Н. Павловского и др.

В России первые систематические исследования подземных вод связаны с созданием Российской академии наук (1724) и Геологического комитета (1882). Экспедициями академии и комитета, а также в результате практической деятельности, связанной с организацией водоснабжения за счет использования подземных вод, были получены первые сведения о распространении подземных вод в различных районах страны (С.П. Крашенинников, И.В. Мушкетов, С.Н. Никитин, Г.Е. Щуровский и др.); о природной зональности и связи химического состава грунтовых вод с физико-географическими условиями (В.В. Докучаев, В.Ф. Зуев, В. Оппоков, П.В. Отоцкий); о распространении глубоких артезианских вод (Г.П. Гельмер, Г.Е. Щуровский, С.Н. Никитин и др.).

Большой вклад в развитие гидрогеологии внес русский ученый **С.Н. Никитин** (1851–1909), которого можно считать основоположником региональной гидрогеологии. В его работе «Грунтовые и артезианские воды на Русской равнине» рассматривалась методика региональных исследований и гидрогеологического районирования, обобщены обширные сведения по грунтовым и артезианским водам европейской части России, выделен ряд артезианских бассейнов этой территории.

Исключительно важное значение для развития общих представлений о взаимодействии подземных вод с горными породами имели работы русского ученого-почвоведа **А.Ф. Лебедева** (1882–1936), который впервые установил закономерности перемещения влаги в ненасыщенной зоне, охарактеризовал роль процессов инфильтрации и конденсации в формировании подземных вод, а также разработал первую классификацию видов воды в горных породах.

Значительный интерес представляли результаты исследований кавказских минеральных вод в работах А.П. Герасимова, А.Н. Огильви, Н.Н. Славянова, первые сведения о подземных водах районов распространения вечной мерзлоты, изложенные в работе А.В. Львова (1916), и др.

После Октябрьской революции уже в первые годы советской власти начинают бурно развиваться практически все основные направления гидрогеологической науки. В 1920 г. в Московской горной академии была начата подготовка инженеров-гидрогеологов. В 1922 г. вышел первый учебник гидрогеологии П.Н. Чирвинского. В 1931 г. состоялся первый Всесо-

юзный гидрогеологический съезд, на котором были представлены интересные работы по общим вопросам гидрогеологии (О.К. Ланге, А.Ф. Лебедев, Ф.П. Саваренский и др.), зональности грунтовых вод и принципам гидрогеологического районирования (П.И. Васильевский, В.С. Ильин, А.Н. Семихатов, Р.Н. Каменский, Н.И. Толстихин и др.), региональной гидрогеологии (К.И. Маков, Н.А. Плотников, Н.Ф. Погребов, Н.С. Токарев и др.).

Исключительно важное значение для развития ряда гидрогеологических идей имели работы академика В.И. Вернадского. В книге «История природных вод» (1935) ученым обоснован важный тезис о единстве природных вод Земли (единстве гидросферы планеты); рассмотрен ряд важных вопросов происхождения подземных вод и геологического круговорота воды; охарактеризована роль воды в геологических и геохимических процессах, в том числе в процессах, происходящих в мантии, и процессах взаимодействия мантийных расплавов с породами земной коры; поднимаются вопросы взаимодействия подземных вод с горными породами, газами, живым веществом и др.

Если к началу Второй мировой войны гидрогеология оформилась в современную науку, то послевоенные годы можно считать периодом ее расцвета. Такое развитие обусловлено прежде всего с практическими запросами: с одной стороны, это колоссальные потребности в подземных водах как комплексном полезном ископаемом и, с другой, глобальное воздействие человека на подземную гидросферу, что стимулировало кардинальные научно-прикладные разработки как по устранению вредного влияния подземных вод при проведении различных видов строительства, так и по защите подземных вод от загрязнения и истощения. Перед гидрогеологами встала принципиально новая проблема рационального использования и охраны ресурсов подземной гидросферы.

В послевоенный период и до настоящего времени одной из важнейших проблем гидрогеологии является исследование закономерностей формирования, оценки, рационального использования и охраны ресурсов пресных подземных вод, используемых для различных видов водоснабжения. Эта проблема как важнейшая теоретическая и прикладная задача науки сформулирована академиком Ф.П. Саваренским в начале 1940-х гг. Дальнейшая ее разработка нашла отражение в работах советских гидрогеологов М.Е. Альтовского, Н.Н. Биндемана, Ф.М. Бочера, Б.И. Куделина, Ф.А. Макаренко, Н.А. Плотникова,

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	3
<b>ЧАСТЬ 1. ОБЩАЯ ГИДРОГЕОЛОГИЯ</b> .....	<b>5</b>
1. Гидрогеология как наука, научные методы и задачи гидрогеологии. История развития науки .....	5
1.1. Гидрогеология как наука, научные методы и задачи гидрогеологии .....	5
1.2. История развития науки .....	9
1.3. История гидрогеологических исследований в Беларуси	16
<i>Вопросы для самоконтроля</i> .....	26
2. Место и роль подземных вод в гидросфере Земли .....	26
2.1. Общие сведения о гидросфере Земли .....	26
2.2. Вода как вещество, ее молекулярная структура и изотопный состав .....	30
2.3. Виды воды в горных породах .....	35
2.4. Строение подземной гидросферы .....	39
2.5. Круговорот воды в недрах Земли .....	42
<i>Вопросы для самоконтроля</i> .....	48
3. Физические и водно-физические свойства горных пород ....	48
3.1. Физические свойства горных пород .....	48
3.2. Водно-физические свойства горных пород .....	53
<i>Вопросы для самоконтроля</i> .....	57
4. Гидрогеологические классификации .....	57
<i>Вопросы для самоконтроля</i> .....	69
5. Происхождение подземных вод и формирование их химического состава .....	70
5.1. Происхождение подземных вод .....	70

5.2. Процессы формирования химического состава подземных вод .....	74
<i>Вопросы для самоконтроля</i> .....	89
6. Залегание и распространение вод в подземной гидросфере ..	90
6.1. Воды зоны аэрации и грунтовые воды .....	91
6.1.1. Воды зоны аэрации .....	91
6.1.2. Грунтовые воды .....	95
6.2. Межпластовые воды .....	98
6.3. Глубинные воды .....	103
6.4. Основные типы подземных вод области распространения многолетнемерзлых пород .....	104
<i>Вопросы для самоконтроля</i> .....	108
7. Формы питания и разгрузки подземных вод .....	109
7.1. Условия питания и распространения грунтовых вод ....	109
7.2. Разгрузка грунтовых вод .....	116
<i>Вопросы для самоконтроля</i> .....	122
8. Основы динамики подземных вод .....	123
8.1. Движение подземных вод .....	124
8.2. Линейный закон фильтрации Дарси .....	130
<i>Вопросы для самоконтроля</i> .....	134
9. Гидрогеохимия .....	134
9.1. Физические свойства и химический состав подземных вод .....	135
9.1.1. Физические свойства подземных вод .....	135
9.1.2. Химический состав подземных вод .....	140
9.2. Формы выражения химического состава подземных вод .....	148
9.2.1. Анализ воды и формы его выражения .....	148
9.2.2. Формы выражения химического состава подземных вод .....	150
9.3. Классификации подземных вод по химическому составу .....	153
9.4. Гидрохимическая зональность подземных вод .....	157
9.4.1. Особенности химического состава подземных вод в зависимости от условий формирования .....	157
9.4.2. Вертикальная гидрохимическая зональность подземных вод .....	164
<i>Вопросы для самоконтроля</i> .....	166
10. Режим и баланс подземных вод .....	167
10.1. Режимообразующие факторы. Классификация режима подземных вод .....	167

10.2. Баланс подземных вод . . . . .	169
10.2.1. Режим и баланс уровня грунтовых вод . . . . .	170
10.2.2. Режим температуры грунтовых вод . . . . .	176
10.2.3. Гидрогеохимический режим грунтовых вод . . . . .	177
10.2.4. Режим межпластовых вод . . . . .	179
<i>Вопросы для самоконтроля . . . . .</i>	180
11. Подземный сток и методы его определения . . . . .	181
11.1. Понятие о подземном стоке и его основные параметры . . . . .	181
11.2. Потоки подземных вод . . . . .	182
11.3. Взаимодействие поверхностных и подземных вод. Роль подземных вод в питании рек . . . . .	186
<i>Вопросы для самоконтроля . . . . .</i>	190
12. Гидрогеологические структуры и гидрогеологическое районирование . . . . .	190
12.1. Принципы гидрогеологического районирования . . . . .	190
12.2. Гидрогеологические массивы . . . . .	196
12.3. Артезианские бассейны платформенного типа, их структура и строение . . . . .	199
12.4. Гидрогеология складчатых областей . . . . .	206
12.4.1. Артезианские бассейны межгорного типа . . . . .	206
12.4.2. Вулканогенные массивы . . . . .	213
12.5. Гидрогеологические структуры дна морей и Мирового океана . . . . .	217
<i>Вопросы для самоконтроля . . . . .</i>	221
13. Ресурсы подземных вод . . . . .	222
13.1. Понятие о запасах и ресурсах подземных вод . . . . .	222
13.1.1. Ресурсы подземных вод по частям света и странам мира . . . . .	229
13.1.2. Ресурсы подземных вод в Беларуси . . . . .	236
13.2. Основные типы подземных вод . . . . .	238
13.2.1. Подземные воды хозяйственно-питьевого назначения . . . . .	238
13.2.2. Минеральные подземные воды . . . . .	247
13.2.3. Промышленные воды . . . . .	251
13.2.4. Теплоэнергетические воды . . . . .	253
<i>Вопросы для самоконтроля . . . . .</i>	255
 <b>ЧАСТЬ 2. ГИДРОГЕОЛОГИЯ БЕЛАРУСИ . . . . .</b>	 256
14. Гидрогеологическое районирование территории Беларуси . . . . .	256

14.1. Основные водоносные горизонты и комплексы . . . . .	261
14.2. Закономерности распространения подземных вод . . . . .	279
14.2.1. Гидродинамическая зональность . . . . .	279
14.2.2. Гидрогеохимическая зональность . . . . .	284
14.3. Разновидности подземных вод	
по практическому использованию . . . . .	307
14.3.1. Распространение и использование	
минеральных вод . . . . .	307
14.3.2. Промышленные рассолы и термальные воды . . . . .	334
<i>Вопросы для самоконтроля . . . . .</i>	<i>341</i>
<b>ЧАСТЬ 3. ЭКОЛОГИЯ ПОДЗЕМНОЙ ГИДРОСФЕРЫ . . . . .</b>	<b>342</b>
15. Охрана подземных вод . . . . .	342
15.1. Охрана запасов подземных вод от истощения . . . . .	342
15.2. Виды и источники загрязнения подземных вод . . . . .	350
15.3. Понятие о защищенности подземных вод . . . . .	361
15.4. Охрана и защита подземных вод от загрязнения . . . . .	366
15.5. Гидрогеоэкологическое районирование	
территории Беларуси и рекомендации рационального	
и экологобезопасного использования подземной	
гидросферы . . . . .	375
15.6. Загрязнение подземных и поверхностных вод	
и здоровье населения . . . . .	388
15.7. Стандартизация качества поверхностных	
и подземных вод . . . . .	398
15.8. Мониторинг подземной гидросферы . . . . .	402
<i>Вопросы для самоконтроля . . . . .</i>	<i>411</i>
16. Водообеспечение. Типы водозаборных сооружений . . . . .	412
16.1. Понятие о водообеспечении . . . . .	412
16.1.1. Горизонтальные водозаборы . . . . .	414
16.1.2. Шахтные колодцы . . . . .	416
16.1.3. Трубчатые колодцы . . . . .	419
16.1.4. Лучевые водозаборы . . . . .	420
16.1.5. Водозаборные скважины . . . . .	422
16.1.6. Каптажные водозаборные сооружения . . . . .	426
16.2. Искусственное пополнение запасов подземных вод . . . . .	428
16.3. Особенности водопотребления . . . . .	430
16.3.1. Особенности водопотребления в Беларуси . . . . .	432
16.3.2. Совершенствование технологий	
водопользования . . . . .	435
<i>Вопросы для самоконтроля . . . . .</i>	<i>439</i>
Литература . . . . .	440

Учебное издание  
**Гледко** Юлия Александровна

## **ГИДРОГЕОЛОГИЯ**

Учебное пособие

Редактор *Е.В. Савицкая*  
Художественный редактор *Т.В. Шабунько*  
Технический редактор *А.Н. Бабенкова*  
Корректор *Т.К. Хваль*  
Компьютерная верстка *А.Н. Бабенковой*

Подписано в печать 16.11.2012. Формат 84×108/32. Бумага офсетная.  
Гарнитура «Times New Roman». Офсетная печать. Усл. печ. л. 23,52.  
Уч.-изд. л. 25,96. Тираж 800 экз. Заказ 377.

Республиканское унитарное предприятие «Издательство “Вышэйшая школа”».  
ЛИ № 02330/0494062 от 03.02.2009. Пр. Победителей, 11, 220048, Минск.  
e-mail: [market@vshph.com](mailto:market@vshph.com) <http://vshph.com>

Открытое акционерное общество «Полиграфкомбинат им. Я.Коласа».  
ЛП № 02330/0150496 от 11.03.2009. Ул. Корженевского, 20, 220024, Минск.