

УДК 556.32

И.И. Залесский¹, А.С. Бровко²¹канд. геогр. наук, доц. каф. инженерной геологии и гидрогеологии

Учебно-научного института водного хозяйства

Национального университета водного хозяйства и природопользования

(Ровно, Украина)

²аспирант каф. гидрогеологии и инженерной геологии

Учебно-научного института «Институт геологии»

Киевского национального университета имени Тараса Шевченко

**ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВОД АРТЕЗИАНСКИХ
ВОДОНОСНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЗОНЫ ТРАНЗИТА
ВОЛЫНО-ПОДОЛЬСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАССЕЙНА**

Цель исследования – выявить и изучить основные гидрогеохимические особенности подземных вод зоны транзита Волыно-Подольского артезианского бассейна (ВПАБ). Гидрохимические изменения в подземных водах рассматриваются на основе региональных палеогеографических особенностей водного режима зоны транзита вод ВПАБ. Изучение гидрогеохимических изменений подземных вод ВПАБ произведено на основе геолого-гидрогеологических разрезов скважин, расположенных вдоль шоссе Варшава – Киев, материалов геологической, гидрогеологической и тектонической съемок территории исследования. По линии вдоль шоссе Варшава – Киев от государственной границы Украины с Республикой Польша, к границе между Ровенской и Житомирской областями построен геологический разрез протяженностью около 250 км. Установлено сходство химического состава и температуры подземных вод всех водоносных комплексов вдоль зоны транзита ВПАБ, что подтверждает наличие постоянной гидравлической связи между водоносными комплексами и свидетельствует о влиянии работы Ровенской АЭС на гидрогеологическую составляющую окружающей среды.

Введение

Химический состав подземных вод является главным маркером геологических и антропогенных условий территории их распространения и, что самое главное, отражает особенности их генезиса. В пределах каждой геологической структуры выделяется ряд природных и техногенных факторов, которые являются определяющими при формировании ионного состава подземных вод, их минерализации и физико-химических особенностей.

Постановка проблемы исследования

Волыно-Подольский артезианский бассейн (ВПАБ) как гидрогеологическая структура первого порядка имеет большую площадь распространения. Территория исследований, которая соответствует зоне транзита подземных вод, находится в пределах Галицко-Волынского и Полесско-Подольского районов третьего порядков, а в структурном и гидрогеологическом отношении – в пределах Волынского водообменного бассейна [1]. Здесь широко развита народно-хозяйственная деятельность, последствия которой прямо или косвенно влияют на состояние подземной гидросферы и качество подземных вод. Особое внимание при изучении этого вопроса авторы уделяют участку междуречья Стырь – Горынь через блочную структуру фундамента, наличие большого количества разломных зон и отдельных разломов различных размеров и развития на породах фундамента пород, способных к карстированию. Наибольшее влияние на окружающую среду ощущается от действия комплекса антропогенных факторов, возникших и существующих в результате работы Ровенской АЭС (РАЭС), промплощадка которой находится на правом берегу реки Стырь вблизи г. Кузнецовск. Чтобы полностью осознать масштабность влияния работы РАЭС на подземную гидросферу, необходимо изучить ход гидрогеохимических процессов зоны транзита подземных вод, в том числе и в пределах участка междуречья рек Стырь – Горынь.

Исследование проводится с целью выявить и исследовать основные гидрогеохимические особенности подземных вод зоны транзита ВПАБ. Предмет исследования – водоносные горизонты и комплексы зоны транзита ВПАБ. Объектом исследования выступают гидрохимические особенности водоносных комплексов и изменения химического состава подземных вод.

Методика исследований

Вопросы генезиса и гидрохимических изменений авторы рассматривают на основе региональных палеогеографических особенностей водного режима зоны транзита вод ВПАБ. Изучение гидрогеохимических изменений подземных вод ВПАБ происходит на основе геолого-гидрогеологических разрезов скважин, расположенных вдоль шоссе Варшава – Киев, материалов геологической, гидрогеологической и тектонической съемок территории исследования [2]. Для удобства работы и наглядности результатов построен обобщенный геологический разрез протяженностью 250 км по линии вдоль шоссе Варшава – Киев (рисунок).

Факторы формирования гидрохимических особенностей подземных вод

Химический состав подземных вод полностью отражает условия их формирования, структурно-тектонические изменения территории их распространения, гидродинамические особенности подземных вод и химический состав водовмещающих толщ.

В значительной мере химический состав подземных вод формируется в ходе исторического геологического развития территории. Так, в рифейское время на территории исследования господствовали морские условия с опусканием территории, а ранневендский этап сопровождался активизацией тектонических разломных зон с проявлениями траппового вулканизма. В это время территорию Вольнской впадины охватила первая морская трансгрессия, которая и обусловила акваседиментацию и литологический состав пород. Позже в процессе катагенеза такие осадочные породы, как аргиллиты, алевролиты и песчаники, претерпели значительные гидрохимические изменения. Так, например, состоялась глинизация полевого шпата с образованием мусковита или формирование каолина в порах песчаника. На атомном уровне ионы калия замещаются натрием, алюминия – железом. Замещение карбонатным цементом кварца и полевого шпата и гидратация слюды приводят к накоплению в жидкой фазе кремнекислоты, калия, натрия, кальция, бария и других элементов, обеспечивающих катионный состав подземных вод. Среди анионов доминируют хлор и гидрокарбонаты, среди катионов – кальций и натрий [3].

Изложенные палеогеохимические особенности катагенеза характерны для центральной части полесской зоны (междуречье Стырь – Горынь). Здесь имеет место поздневендское поднятие территории, в пределах которого мощность верхнемеловых отложений не превышает 25 м. Домезозойская поверхность на территории междуречья разбита на большое количество блоков с разными амплитудами смещения, что создает условия для активного водообмена между водоносными горизонтами. В западном направлении мел погружается, образуя значительную мергельно-меловую толщу, в восточном – постепенно выклинивается.

На территории ВПАБ по стратиграфическим признакам выделено 16 водоносных горизонтов, но из-за отсутствия локальных водоупоров между ними и наличия большого количества тектонических нарушений в региональных водоупорах такое разделение можно считать условным. Целесообразнее выделить на территории исследования такие водоносные горизонты и комплексы:

- 1) водоносный комплекс в четвертичных отложениях;
- 2) водоносный горизонт в среднепалеогеновых отложениях;
- 3) водоносный комплекс в верхнемеловых отложениях;

4) водоносный комплекс в верхнепротерозойских отложениях.

Гидрогеохимические особенности этих гидрогеологических единиц в зоне транзита ВПАБ авторами изучены и описаны ниже.

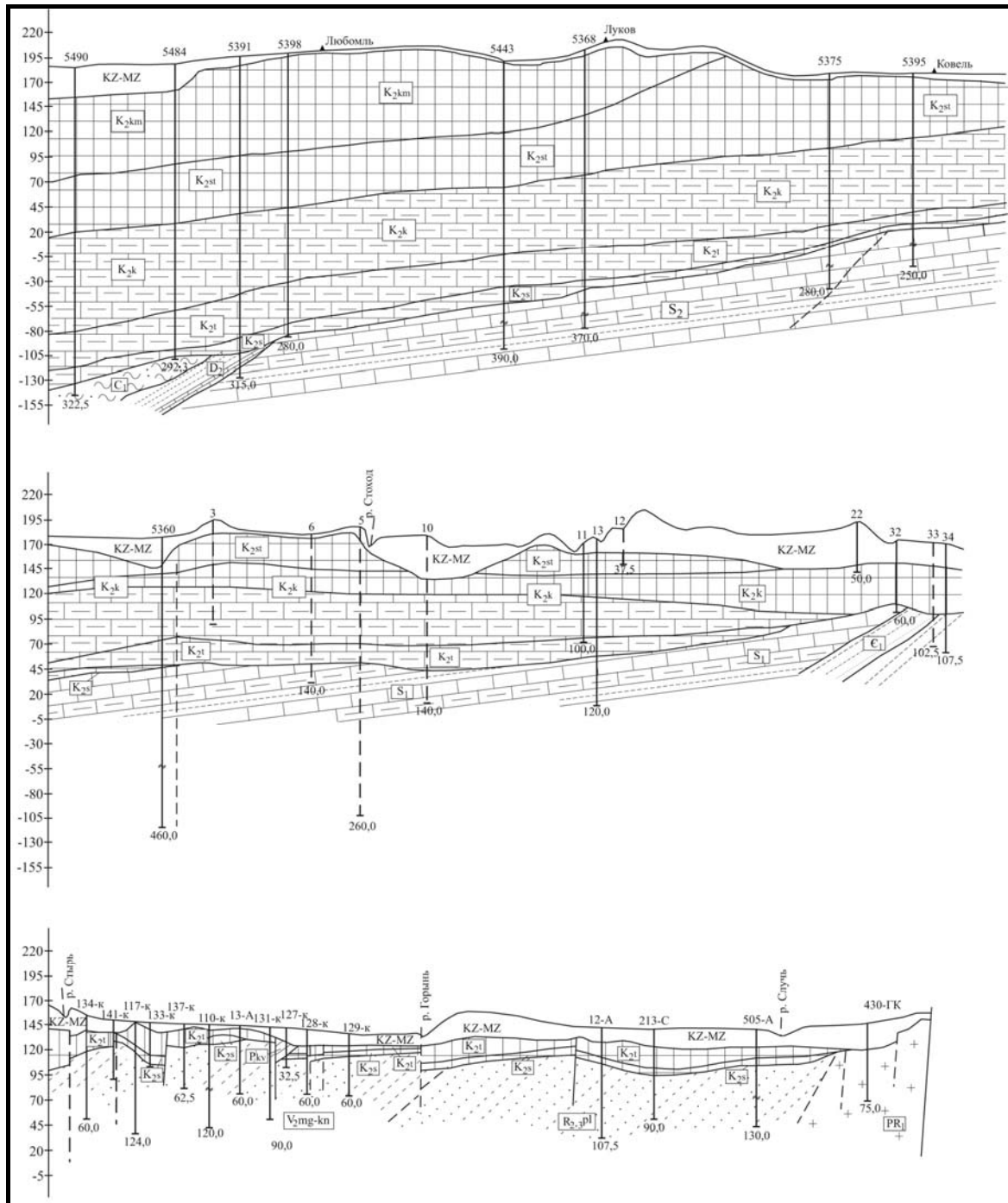


Рисунок. – Схематический разрез вдоль шоссе Варшава – Киев (участок от госграницы Украины с Республикой Польша до границы между Ровенской и Волынской областями)

Краткая характеристика водоносных комплексов

В зоне транзита ВПАБ водоносные комплексы имеют повсеместное распространение, за исключением водоносного горизонта в палеогеновых отложениях, который

получил распространение в восточной части территории исследования. Их комплексная характеристика приводится по субширотной полосе отложений, которая простирается параллельно шоссе Киев – Варшава в пределах Ровенской и Волынской областей.

Водоносный комплекс в четвертичных отложениях имеет повсеместное распространение. Он составлен аллювиальными, озерно-аллювиальными, озерными, болотными и флювиогляциальными отложениями, невыдержанными по площади и в разрезе; иногда водоносные слои разделены между собой локальными водоупорами в виде супесей или суглинков. Это создает местные напоры подземных вод. Средняя мощность отложений колеблется от нескольких метров до 40,0 м и лишь в отдельных скважинах, расположенных на периферии участка исследований, значительно глубже (до 133 м, село Большой Жолудск). По химическому составу подземные воды преимущественно гидрокарбонатные кальциевые и кальциево-натриевые, агрессивные, низкоминерализованные.

Водоносный горизонт в среднепалеогеновых отложениях распространен спорадически, главным образом на водораздельных территориях между реками Стырь – Стоход. Отложения залегают на размытой поверхности верхнемеловых пород, а перекрываются антропогеновыми и верхнеопалеогеновыми отложениями берекской свиты, которые выполняют роль водоупоров. Мощность водоносных пород изменяется от 2–3 до 15 м, общая мощность отложений палеогена не превышает 35–40 м. Водосодержащие породы представлены песками тонко-мелкозернистыми, алевролитами. При наличии верхнего водоупора воды горизонта приобретают локальные напорные свойства. По химическому составу воды пресные, гидрокарбонатные кальциево-натриевые или сульфатные магниевые-кальциевые.

Водоносный комплекс в верхнемеловых отложениях имеет повсеместное распространение в зоне транзита подземных вод ВПАБ. Общий уклон домеловой поверхности направлен в западном и юго-западном направлениях. Мощность верхнемеловых отложений изменяется от нескольких метров на западном склоне Украинского кристаллического щита (УКЩ) до 250–300 м на границе Украины с Республикой Польша. Верхнемеловые отложения с угловым и стратиграфическим несогласием залегают на размытой поверхности домезозойских образований и перекрываются антропогеновыми, редко палеогеновыми отложениями. Так, с запада на восток, по профилю, от госграницы Украины с Республикой Польша терригенно-мергельная толща мела залегают на аргиллитах, песчаниках, известняках и алевролитах каменноугольной системы, которые формируют Львовский палеозойский прогиб. Ширина выходов не превышает 15 км. В направлении на восток, в сторону города Любомль, мел подстилают известняки и аргиллиты девонской системы. На участке разреза от г. Любомль к долине р. Стырь под мелом залегают силурийские отложения (до г. Ковеля нижнесилурийские, далее – верхнесилурийские). На участке Стырь-Горынского междуречья меловые отложения подстилаются образованиями верхнего венда. На участке Горынь-Случанского междуречья мел перекрывает образования полесской серии среднего-верхнего рифея. К востоку от долины р. Случ и до выхода кристаллических пород УКЩ мел залегают на гранитоидах, гнейсах и кристаллических сланцах палеопротерозойской эратемы.

Гидродинамические особенности водоносных горизонтов и комплексов на территории исследования обусловлены рельефом территории, фильтрационными свойствами, а также гидравлическими связями подземных вод с поверхностными и между разновозрастными водоносными комплексами. Водоупором между водоносными комплексами в четвертичных и верхнемеловых отложениях выступает «зона кольматации» меловой толщи, которая и предопределяет напорный характер меловых вод. В местах наличия палеогеновых отложений роль водоупоров между водами в четвертичных и палеогеновых отложениях выполняют берекские отложения палеогена. Зона интенсивной трещиноватости мергельно-мелового массива, в которой и происходит интенсивный

водообмен, приурочена к глубинам 20–70 м; глубже коллекторные свойства этих пород угасают, и, начиная с глубины 120 м, меловые отложения считаются безводными и выполняют роль нижнего водоупорного слоя между водоносными комплексами в верхнемеловых и верхнепротерозойских отложениях.

Своеобразной особенностью водоносного комплекса в верхнемеловых отложениях, особенно в пределах Стырь-Горынского междуречья, является наличие непосредственной гидравлической связи между верхнемеловыми и верхнепротерозойскими отложениями. В процессе водообмена изменяется химический состав воды верхнемелового водоносного комплекса. Особенно активно водообмен между этими водоносными комплексами происходит по системе трещин, которые разбивают кристаллический фундамент на большое количество блоков, способных к неравномерным опусканиям или поднятиям. Таким образом, в гидродинамической системе происходят изменения, нарушается целостность водоупорных толщ и создаются благоприятные условия для смешивания вод разных водоносных комплексов. При дополнительной антропогенной нагрузке (эксплуатация водоносных комплексов) эти процессы проходят интенсивнее. Вследствие смешивания подземных вод различных водоносных комплексов меняется и их химический состав, происходит локальное или региональное влияние на гидрогеологическую составляющую окружающей среды и на развитие других геологических процессов. На территории исследований самым опасным из них является карст. Интенсификация изменений гидродинамических и гидрохимических условий на территории исследований имеет большое значение, особенно для участка междуречья Стырь – Горынь, ведь на террасе реки Стырь построена РАЭС со вспомогательными сооружениями и двумя водозаборами, которые обеспечивают хозяйственно-питьевое водоснабжение электростанции и города-спутника Кузнецовска.

Водоносный комплекс в верхнепротерозойских отложениях вдоль выбранного профиля с востока на запад имеет различные глубины залегания, что вызвано погружением кристаллического фундамента под мощную толщу мезо-кайнозойских пород. Так, на востоке верхнепротерозойские отложения выходят под меловые отложения, а на западе, значительно увеличиваясь по мощности, перекрываются силурийскими, девонскими или карбоновыми. На левобережье р. Стырь они вскрыты скважинами на глубинах 60–80 м, на территории Стырь-Горынского междуречья – на глубинах 15–60 м; отложения представлены водоносной каниловской свитой верхнего венда 15–60 м. На участке между реками Горынь и Случь верхнепротерозойские отложения представлены водоносной полесской серией верхнего рифея с глубинами их залегания от нескольких метров до 40 м.

Водосодержащие каниловские отложения представлены пористыми и трещиноватыми песчаниками различного гранулометрического состава, в меньшей мере алевролитами и аргиллитами. Отложения полесской серии представлены многократным переслаиванием песчаников, алевролитов и аргиллитов, преимущественно тонко и мелкозернистых, иногда среднезернистых, кварц-полевошпатовых песчаников, плотных или слабосцементированных. По химическому составу воды преимущественно гидрокарбонатные кальциевые с общей минерализацией до 0,6 г/дм³.

Учитывая особенности геологического строения и орографически-геоморфологические особенности территории исследований, вдоль профиля было выделено 4 зоны:

- 1) Государственная граница Украины с Республикой Польша – г. Ковель;
- 2) г. Ковель – река Стырь;
- 3) междуречье Стыри и Горыни;
- 4) междуречье Горыни и Случи (до границы между Ровенской и Житомирской областями).

На участке **Государственная граница Украины с Республикой Польша – г. Ковель** подземные воды водоносного комплекса в четвертичных отложениях хлоридно-

гидрокарбонатные, гидрокарбонатные кальциевые с минерализацией 200–300 мг/дм³. Мощность меловых отложений здесь значительна и составляет 250–300 м. Водоносные трещиноватые мело-мергельные породы распространены на глубинах 20–70 м. Далее трещиноватость затухает, они становятся безводными и выполняют роль нижнего водоупора. Подземные воды здесь гидрокарбонатные кальциевые с минерализацией 200–500 мг/дм³. Количество сульфат-ионов не превышает 40 мг/дм³; появляется магний (до 15 мг/дм³). Нижележащие водоносные горизонты и комплексы из-за их глубокого залегания на этой территории не эксплуатируются.

Гидрогеологические особенности на участке *г. Любомль – река Стырь* в основном аналогичны условиям выше описанного участка, за исключением того, что мощности меловых отложений меньше и изменяются в среднем с запада на восток от 200–300 до 50–60 м. По химическому составу подземные воды водоносного комплекса в четвертичных отложениях гидрокарбонатные кальциевые или натриево-кальциевые, появляется магний, иногда в количестве до 50 мг/дм³ и сульфат-ионы в количестве до 93 мг/дм³. Воды водоносного комплекса в верхнемеловых отложениях гидрокарбонатные кальциевые с минерализацией 300–560 мг/дм³. Магний присутствует в количествах до 10–12 мг/дм³, сульфат-ионы – до 16 мг/дм³.

Участок междуречья Стырь – Горынь, учитывая вышеперечисленные факторы, представляет наибольший интерес с точки зрения изучения геологогидрогеологических условий зоны транзита ВПАБ и имеет наибольшее практическое и научное значение (мониторинг гидрогеохимических изменений в зоне воздействия РАЭС).

Воды водоносного комплекса в четвертичных отложениях в пределах выделенного участка гидрокарбонатные кальциевые или натриевые, от ультрапресных до пресных с минерализацией от 100 до 250 мг/дм³, иногда до 512 мг/дм³ (2013 г.). Все макрокомпоненты находятся в пределах предельно допустимой концентрации, но, учитывая низкую минерализацию, можно считать завышенными количество сульфатов в некоторых скважинах (100–640 мг/дм³). Такое содержание этого аниона в низкоминерализованных водах может свидетельствовать о наличии локального загрязнителя, что подтверждается и повышенной температурой воды ($T = 22^{\circ}\text{C}$). Это свидетельствует о наличии локального загрязнителя, что влияет на химический и температурный режимы подземных вод водоносного комплекса в четвертичных отложениях в районе воздействия РАЭС. Воды водоносного комплекса в верхнемеловых отложениях хлоридно-гидрокарбонатные кальциево-натриевые или натриево-кальциевые, ультрапресные с минерализацией от 100 до 152 мг/дм³. Содержание сульфатов на порядок ниже и составляет до 10 мг/дм³. В отдельных скважинах содержание сульфатов в водоносных комплексах в четвертичных и верхнемеловых отложениях примерно одинаково. Такая же картина наблюдается и с повышением температуры. Это подтверждает наличие гидравлической связи между водоносными комплексами и возможность перетока грунтовых вод в нижележащий водоносный комплекс. Наряду с перетеканием грунтовых вод в осенне-весенний период в местах отсутствия зоны кольматации происходит поступление ультрапресных метеорных вод непосредственно в водоносный комплекс в верхнемеловых отложениях, что тоже приводит к их разбавлению и снижению минерализации. Подземные воды водоносного комплекса в верхнепротерозойских отложениях гидрокарбонатные, хлоридно-гидрокарбонатные кальциево-натриевые или натриево-кальциевые, ультрапресные с минерализацией 100–120 мг/дм³; содержание сульфатов – не выше 3 мг/дм³.

Из всего выше изложенного можно сделать выводы, что на участке междуречья Стырь – Горынь водоносные комплексы имеют гидравлическую связь, из-за чего происходит разбавление метеорными и грунтовыми водами вод нижележащих водоносных комплексов, и, как следствие, локальное химическое и температурное загрязнение подземных вод водоносных комплексов в четвертичных, верхнемеловых и верхнепротерозойских отложениях.

В пределах *Горыньско-Случанского междуречья* мощность водоносных комплексов незначительна. В районе границы между Ровенской и Житомирской областями меловые отложения выклиниваются и породы фундамента местами выходят под четвертичные. Подземные воды водоносного комплекса в четвертичных отложениях здесь преимущественно гидрокарбонатные кальциевые или гидрокарбонатные натриевые. Минерализация их не превышает 200–250 мг/дм³. В подземных водах водоносного комплекса в верхнемеловых отложениях воды гидрокарбонатные кальциевые, иногда кальциево-натриевые или натриево-кальциевые с минерализацией до 250 мг/дм³. Для водоносного комплекса в верхнепротерозойских отложениях характерно повышение минерализации до 500–600 мг/дм³. Увеличивается содержание магния, и воды преимущественно гидрокарбонатные магниевые-кальциевые. Температура воды во всех водоносных комплексах колеблется в пределах 10–11°C. Источником магния являются выветрившиеся верхнепротерозойские породы.

Заключение

Сходство химического состава и температуры подземных вод всех водоносных комплексов вдоль зоны транзита ВПАБ является подтверждением существования постоянной гидравлической связи между водоносными комплексами по системам трещин и в местах отсутствия водоупорных пород. Температурные отклонения в сторону увеличения и повышения содержания отдельных компонентов на участке Стырь-Горыньского междуречья является свидетельством влияния работы РАЭС на гидрогеологическую составляющую окружающей среды. В подземных низкоминерализованных водах сульфаты находятся в небольших количествах и, как правило, они не превышают количества гидрокарбонатов, поэтому повышенное содержание SO_4^{2-} авторами рассматривается как загрязнитель, который локально попадает в грунтовые воды в районе воздействия РАЭС и мигрирует в нижележащие водоносные комплексы из-за наличия гидравлической связи между ними. Аналогичная картина наблюдается и для повышенных температур подземных вод.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Камзіст, Ж. С. Гідрогеологія України / Ж. С. Камзіст, О. Л. Шевченко. – К. : ІНОКС, 2009. – 613 с.
2. Гарбуз, И. С. Групповая геологическая съемка масштаба 1 : 50 000 территории листов М-35-15-Г, М-35-16-В, М-35-28-А,В,Г, М-35-29-В (Чарторийский район) / И. С. Гарбуз : в 8 т. – Ровно, 1988.
3. Залеський, І. І. Генезис і ресурси мінеральних вод Рівненщини / І. І. Залеський // Проблеми раціонального використання і відтворення природно-ресурсного потенціалу України. – Чернівці, 2000. – С. 115–119.

Рукапіс паступіў у редакцыю 27.12.2014

Zalesky I.I., Brovko A.S. Hydrogeochemical Features of Groundwater Transit Zone of Volino-Podolska Aquifer System

The goal of the research is to reveal and to identify the main hydrogeochemical features of groundwater transit zone for Volino-Podolska Aquifer System (VPAS). Exploration of changes in groundwater chemical composition was occurred with appliance of geological, hydrogeological and tectonic maps, cross-sections of the wells, geological, hydrogeological and tectonic survey of the research area. It was established the similarity of chemical composition and temperature for all available groundwater aquifers within the VPAS. This fact confirms the existence of a hydraulic connection between the groundwater aquifers and crack systems as well as on the areas where impermeable rocks are unavailable. Uprising of the groundwater temperature and increasing of some components in the area between Styr and Goryn rivers indicates the impact of the Rivne NPP on hydrogeological conditions of the environment.