

## ГИДРОГЕОЛОГИЯ

УДК 556.3

**О гидрогеологических и гидрогеохимических закономерностях Оренбуржья и сопредельных районов****А.Я. Гаев, И.В. Куделина**

Оренбургский государственный университет

460018, Оренбург, пр. Победы, 13. E-mail: gayev@mail.ru

*(Статья поступила в редакцию 27 октября 2022 г.)*

Сложность формирования гидродинамики и химического состава природных вод горно-складчатого Урала и платформенного Предуралья обусловлена большими различиями в геологическом строении и в формировании флюидов в горно-складчатой, платформенной и переходной зонах. Кроме того, практически не исследованы свойства и количество вод в гидросфере в надкритическом состоянии ниже границы Конрада. Гидрогеохимические закономерности используются при картографировании, районировании территории, а также при интерпретации фактического материала и расчленении разреза в бассейнах стока. С этой целью используются представления о гидродинамических и гидрогеохимических этажах, о гидрогеохимических зонах, гидрогеологических и гидрогеохимических водоносных комплексах и горизонтах. Каждый гидрогеологический район отличается по своей вертикальной гидрогеохимической зональности, синтезирующей самые существенные черты эволюции данной структуры в течение определенного периода истории. В результате в разрезе формируются химические типы вод с зонами определенной мощности, последовательно сменяющие друг друга в пределах смежных районов или провинций (поясов). Один тип зональности может характеризовать и группу структур.

Ключевые слова: *гидродинамические зоны, гидрогеологические этажи, гидрогеохимическая зональность.*

DOI: 10.17072/psu.geol.22.1.1

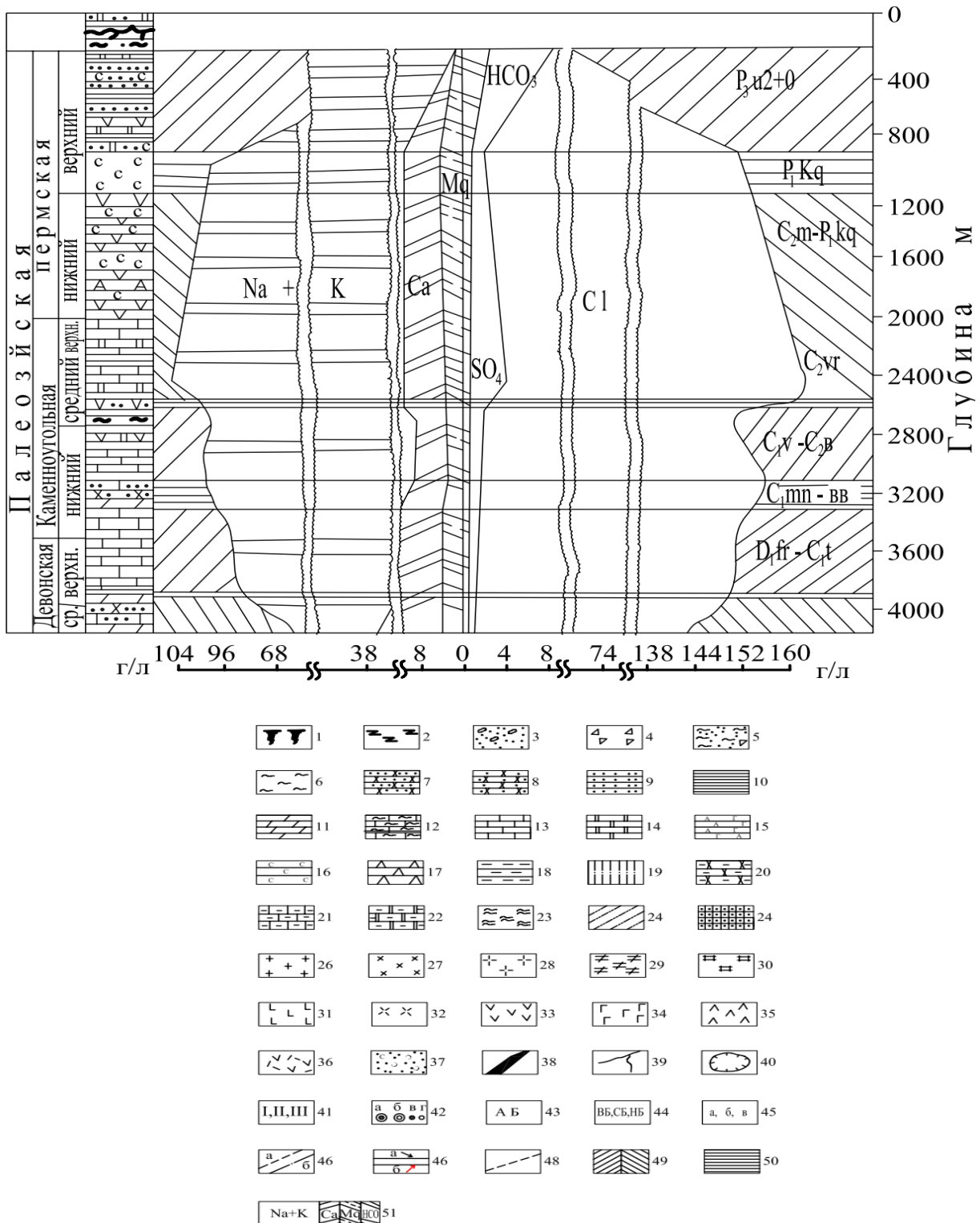
**Введение**

В платформенной части региона при помощи сверхглубокого бурения в глубоких горизонтах земной коры выявлены термальные рассолы, проникающие из кристаллического фундамента в низы платформенного чехла. Они поднимаются из зоны гидрометаногенеза по ослабленным трещинным системам до кыновского горизонта (рис. 1). Здесь они взаимодействуют с водами зоны гидрогалогенеза, которые отличаются повышенной минерализацией и газонасыщенностью с присутствием водорода, гелия и др. инертных газов. В зонах тектонических нарушений рассолы зоны гидрогалогенеза при неотектоническом обновлении трещинных зон проникают к хлоридным флюидам зоны гидрогенеза. По Н.Б. Вассовичу, именно здесь проявляются признаки криптогипергенеза. Выше по разрезу, вплоть до зон унаследованного и максимального гидрогалогенеза, углеводороды разрушаются.

Районы хорошо закрытые, гидрогеологически наиболее благоприятны для сохранения залежей углеводородов.

**О гидродинамических и гидрогеохимических зонах, этажах и гидрогеологических структурах**

Разные исследователи эти термины понимают неодинаково, но почти все, как правило, выделяют гидродинамические зоны и гидрогеохимические этажи, используя разные знаки для отражения условий формирования вод (рис. 1). Одно из направлений развивает петербургская (ленинградская) школа. В основе ее представлений лежат понятия о гидродинамических зонах и этажах. Под гидродинамической зоной понимается часть гидрогеологической структуры, отличающаяся по напорообразующим факторам и по общности ряда гидродинамических показателей (скорости фильтрации, интенсивности водообмена и пр.).



**Рис. 1.** Сводный гидрогеохимический разрез платформенного Предуралья: 1 – заболоченность; 2 – торф; 3 – пески галечники; 4 – дресва, щебень; 5 – суглинки; 6 – глины; 7 – песчаники; 8 – конгломераты; 9 – алевролиты; 10 – аргиллиты; 11 – мергели; 12 – глинистые известняки; 13 – известняки; 14 – доломиты; 15 – гипсы, ангидриты; 16 – соли; 17 – опоки; 18 – сланцы глинистые; 19 – сланцы филлитовые; 20 – сланцы песчано-глинистые; 21 – сланцы глинисто-карбонатные; 22 – мраморы, мраморизованные известняки; 23 – гнейсы; 24 – кварцито-песчаники; 25 – кварциты; 26 – граниты, гранитоиды; 27 – гранодиориты; 28 – диориты; 29 – габбро; 30 – перидотиты, ироксениты, серпеитиниши; 31 – диабазы; 32 – кварцевые порфиры, альбитофиры и их туфы; 33 – порфириты андезито-базальтового состава; 34 – спилиты; 35 – эффузивы смешанного состава и их туфы; 36 – туфы порфиритов андезито-базальтового состава; 37 – туфы, туфопесчаники, туффиты, чередующиеся с осадочными породами; 38 – рудное тело. Прочие знаки: 39 – зоны трещиноватости; 40 – карст; 41 – гидродинамические зоны

по данным режимных наблюдений: I – аэрации, II – сезонных и многолетних колебаний уровня грунтовых вод, III – постоянного горизонтального стока вод классов  $T_6$ ,  $T_7$ ,  $T_8$ ; 42 – зоны сосредоточения подземных вод с дебитом, л/с: а –  $100n$ , б –  $10n$ , в –  $n$ , г –  $10^{-1}n$ , 43 – воды микро- (А) и мезобассейнов (Б) стока, граница между ними проводится в пределах гидродинамической зоны II; 44 – болота: ВВ – верховые, СБ – склоновые, НБ – низовые; 45 – элементарные геохимические ландшафты: а – аллювиальные, неозлювиальные и транс-элювиальные, б – супераквальные, в – субаквальные, аквальные; 46 – данные химических (а) и спектральных (б) анализов; 47 – горизонтальные проекции станций наблюдения (а) и (б) границ между зонами (I, II, III), ландшафтами (а, б, в) или бассейнами стока (А, Б); 48 – уровень грунтовых вод; 49 – водоносные и 50 – водоупорные комплексы; 51 – поля химических элементов на разрезе

По ним выделяют зоны водообмена, от активного до весьма затрудненного. В «Гидрогеологии СССР» (Гидрогеология..., 1972) выделены два гидродинамических этажа: верхний, дренирующий воды зон активного и замедленного водообмена долинами крупных рек, озерами и морями, и нижний, соответствующий зоне весьма затрудненного водообмена. Он не имеет хорошо выраженных областей питания и разгрузки.

Кроме того, широко используется понятие «гидрогеологический этаж». По В.А. Всеволожскому (1977) (Всеволожский, 1983), это – стратификационно-гидрогеологический бассейн, наиболее крупный с едиными историческими условиями формирования подземных вод, их химического состава и системы водоносных горизонтов и комплексов. В процессе структурно-гидрогеологического развития территория испытывает преобразования этих условий. Гидрогеологические этажи отделяются водоупорными перекрытиями. Благодаря формированию водоупоров, воды этажа обладают общностью динамических и гидрогеохимических свойств. Гидрогеохимическое районирование служит составной частью районирования гидрогеологического. Н.И. Толстихин и В.А. Кирюхин (Кирюхин, 2008) под элементом гидрогеологического районирования понимают территорию с гидрогеологическими структурами и бассейнами подземных вод определенных типов. Гидрогеологическая структура размещается на определенной геологической основе, представляя собой вместилище подземных вод. Это вместилище обособлено относительно смежных структур. основополагающие принципы структурно-гидрогеологического единого, комплексного районирования были изложены М.М. Васильевским, Н.Ф. Погребовым, Б.К. Терлецким, Г.Н. Каменским, Н.И. Толстихиным, В.А. Кирюхиным и др. В верхах платформы и горно-

складчатой части региона выделяются гидродинамические зоны аэрации с вертикальной инфильтрацией вод, сезонных и многолетних колебаний уровня грунтовых вод и зона постоянного горизонтального стока. Воды аллювиальных горизонтов в речных долинах взаимодействуют с поддолинными потоками. Каждый из выделенных гидрогеохимических районов характеризуется своей вертикальной зональностью, отличной от зональности других районов (Гаев, 2018; Мартин, 1975; Смирнов, 1981). Эта зональность синтезирует наиболее существенные черты развития всей или части гидрогеологической структуры в течение конкретного исторического периода (Макаренко, 1960; Максимович, 1964). Гидрогеохимические районы выделяются в пределах гидрогеологических структур по сочетанию в вертикальном разрезе химических типов вод, последовательности их расположения и мощности соответствующих зон. В пределах гидрогеохимических провинций (поясов) один тип вертикальной зональности может характеризовать группу структур.

Закономерности формирования химического состава вод раскрываются в процессе картографирования конкретной территории с ее гидрогеохимической структурой. Объективность и реальность картины формирования состава вод зависят от объективности расчленения объекта. Верхняя часть земной коры расчленяется с использованием принципов ландшафтно-геохимических, гидролого-гидрогеологических и инженерно-геологических, что обеспечивает системный подход при детализации структуры гидрохимического стока. Гидролого-гидрогеологические методы разработаны Б.И. Куделиным (1954), В.С. Самариной (1958), В.А. Кирюхиным (1975), И.С. Зекцером (1977) (Кирюхин, 2008; Куделин, 1954; Лушников, 1974; Смирнов, 1981) и др. для выявления вертикальной поясности химического

и водного стока от микро- до макробассейнов стока. Микробассейны приурочены к зоне аэрации и частично к зоне сезонных и многолетних колебаний уровня подземных вод. Мезо- и макробассейны приурочены к зоне с постоянным горизонтальным (местным и региональным) стоком трещинно-жильных вод (по Н.И. Толстихину и В.А. Кирюхину) (Куделин, 1954).

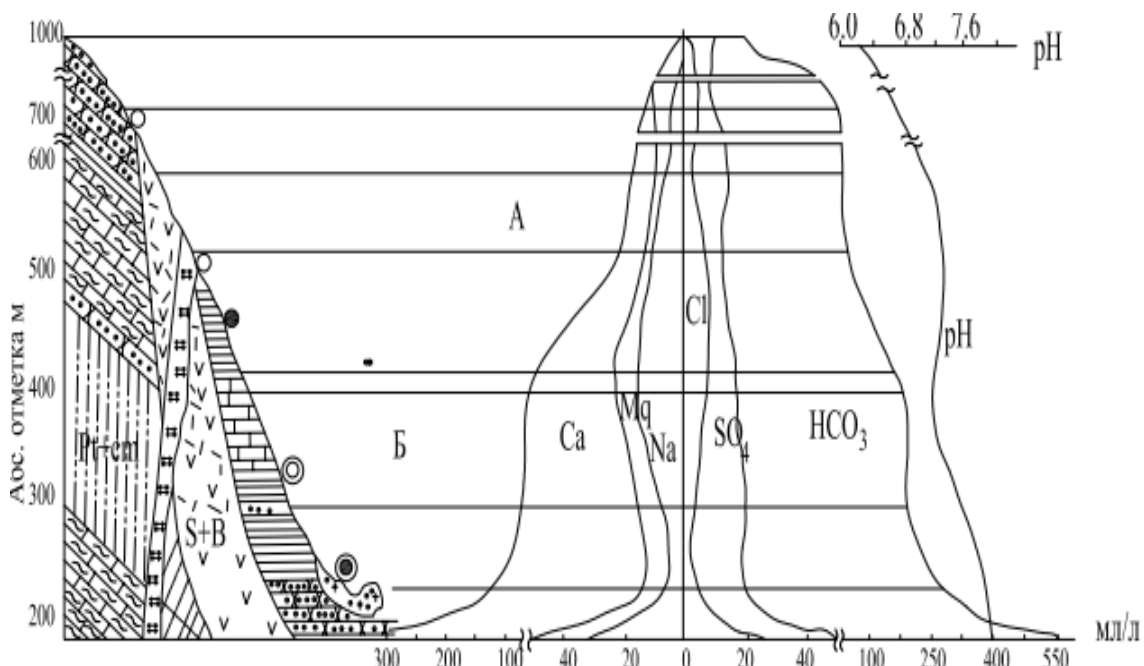
В соответствии с представлениями основоположников ландшафтной геохимии (Б.Б. Польшова, А.И. Перельмана, М.А. Глазовской) А.Я. Гаевым на примере Урала показана взаимосвязь гидродинамических зон и элементарных геохимических ландшафтов (Гаев, 2018; Зекцер, 1977; Самарина, 1977). На повышенных элементах рельефа формируются автономные ландшафты (элювиальные и трансэлювиальные), и в их пределах зона аэрации выходит на поверхность. Ниже по профилю они сменяются супераквальными, или гидроморфными, ландшафтами, которые согласуются с зоной сезонных и многолетних колебания уровня грунтовых вод. В этих ландшафтах воды капиллярной каймы поднимаются до корнеобитаемого слоя.

Самые низкие элементы рельефа соответствуют поверхности водоемов и водотоков, то есть субаквальным ландшафтам и уровню с постоянным горизонтальным стоком подзем-

ных вод. Они формируют зоны сосредоточения подземных вод в макро- и мезобассейнах стока в пределах субаквальных и аквальных ландшафтов.

Соотношение подземного и поверхностного стока определяется проницаемостью покровных отложений, коллекторскими свойствами вмещающих пород, уклонами поверхности земли, расчлененностью рельефа, гидравлическими градиентами и пр. Границы микро- и мезобассейнов стока соответствуют границам автономных (элювиальных и трансэлювиальных) ландшафтов с подчиненными (супераквальными и аквальными) ландшафтами. Каждый из них отличается по инженерно-геологическим свойствам.

Структурно-эрозионный рельеф обнажил в элювиальных ландшафтах коренные породы. Ниже по склону сохранились от денудации корни коры выветривания. Повышенное гипсометрическое положение и относительно неглубокая трещиноватость повлияли на небольшой подземный сток. В трансэлювиальных ландшафтах глинистый покров на склонах возвышенностей препятствует инфильтрации атмосферных осадков. Даже влага, проникающая под почву, быстро выклинивается на поверхность и формирует временные источники, но водоносность пород здесь понижена (рис. 2).



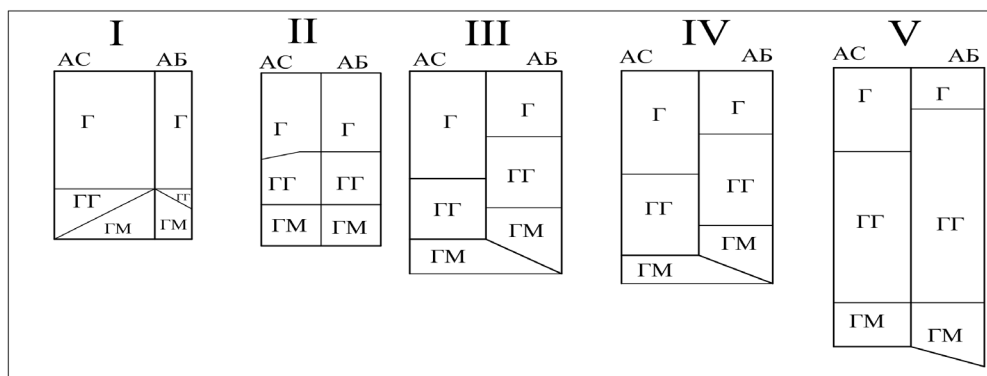
**Рис. 2.** Сводный гидрогеохимический разрез горно-складчатой части Южного Урала. Условные обозначения те же, что на рис. 1

В супераквальных ландшафтах из-за роста неоднородности покровных отложений и гранулометрического состава вмещающих пород подземный сток увеличивается. В отложениях подчиненных ландшафтов присутствуют илы, пески мелкозернистые, глины делювиальные и русловые фации. Рельеф резко выполаживается, а водоемы питают подъемные воды. Их размеры изменяются от мелких луж до небольших озер. К субаквальным ландшафтам приурочены зоны сосредоточения подземных и поверхностных вод. Сложены они аллювием и озерными отложениями.

В разрезе воды сульфатного и карбонатного типов сменяются сульфатно-хлоридными и хлоридными в зоне гидрогалогенеза. На платформе вертикальная гидрогеохимическая зональность отражает уровень гидрогеологической закрытости недр. Закрытость растет с увеличением роли зон гидрогалогенеза в вертикальном профиле. По степени закрытости недр выделяется пять типов районов, отличающихся по вертикальной зональности (рис. 3). Хлоридные метаморфизованные рассолы из зоны гидрогалогенеза характерны для провинции хорошо закрытой гидрогеологически благодаря сульфатно-галогенной толще пермского возраста. Уменьшение гидрогеологической закрытости недр благоприятствует проникновению инфильтрационных вод пестрого состава из зоны гидрогенеза. Провинция хорошо закрытая сменяется на закрытую, а далее на полузакрытую, полукрытую и открытую. Ярусность рельефа согласуется с высотной поясностью бассейнов стока, элемен-

тарными геохимическими ландшафтами и инженерно-геологическими типами разрезов. Зоны сосредоточения подземных вод приурочены к субаквальным ландшафтам. Их водность в целом растет при снижении высотной поясности, но литология пород и особенности неотектоники вносят существенные коррективы в гидрогеологические и гидрогеохимические закономерности формирования подземных вод и их взаимодействия с вмещающими породами, особенно на участках развития эрозионно-карстовых процессов (Перельман, 1979). Инженерно-геологические типы разрезов существенно различаются по влиянию на взаимосвязь поверхностных и подземных вод, а это играет решающую роль для устойчивости к загрязнению и его локализации, а также к негативным геодинамическим процессам (табл.). В результате построения комплекса карт уточняется ландшафтная ситуация и характер сопоставления элементарных ландшафтов соответствующим гидродинамическим зонам, что можно использовать при построении гидродинамической основы гидрогеохимической карты, уточнив ее в полевых условиях. Для конкретизации формирования фонового состава подземных вод в легенду карты включаем гидрогеохимические разрезы и диаграммы, характеризующие состав вод гидродинамических зон (Гаев, 2018).

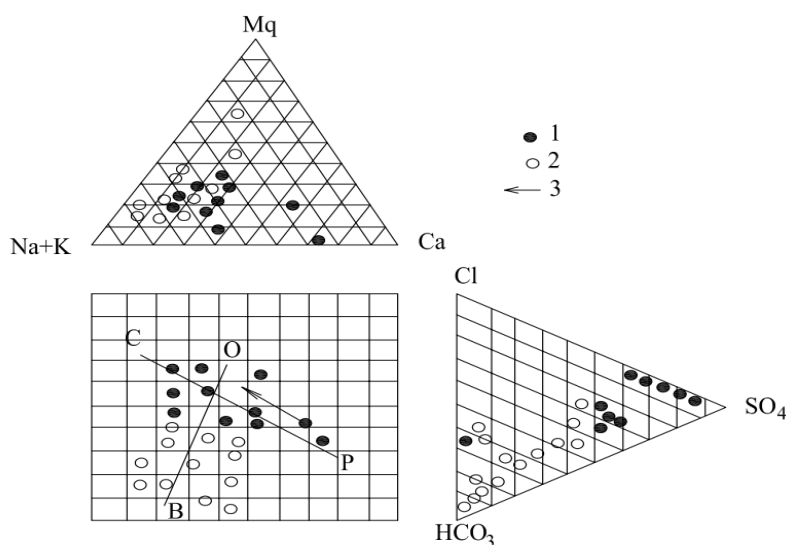
В зоне активного водообмена воды весьма трудно опробовать в периоды между весенним и осенним их питанием, особенно в зонах аэрации и сезонных и многолетних колебаний уровня грунтовых вод.



**Рис. 3.** Типы вертикальной зональности гидрогеохимических районов разной степени гидрогеологической закрытости: I – открытых; II – полукрытых; III – полузакрытых; IV – закрытых; V – хорошо закрытых; АС – артезианские своды; АБ – артезианские бассейны; А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, З – гидрогеохимические зоны (см. рис. 1)

Используя ландшафтно-гидрогеологические принципы зонирования вод верхних гидродинамических зон, мы частично снижаем эти трудности. Так, на Восточном склоне Урала нами опробовались подземные (АП) и болотные (АБ) воды (рис. 4). На диаграмме каждая точка на линиях АП и АБ характеризуется определенным химическим составом и гипсометрическим положением (рис. 6). Ореольные и рудные воды сульфидных месторождений и зон оруденения загрязняют ОС. Направление формирования этих вод соответствует линиям РС и ОВ диаграммы и содержанием микро-

элементов. Принцип ландшафтно-гидрогеологической зональности открывает возможность распространить определенные типы вертикальной зональности на соответствующие геохимические ландшафты. Благодаря этому приему при гидрогеохимическом картографировании зоны активного водообмена возможно использовать взаимосвязи в системе: гидродинамическая зона – бассейн стока – элементарный геохимический ландшафт – инженерно-геологический тип разреза. Это позволяет дифференцированно охарактеризовать показатели гидрогеохимического фона.



**Рис. 4.** Рудные серноокислые (1) и ореольные (2) воды медноколчеданных месторождений Восточного склона Урала; 3 – направление формирования рудных (РС) и ореольных (ОВ) вод

Для платформенной части региона гидрогеохимические зоны мы сопоставляем с гидродинамическими этажами территории. В результате на схемах районирования удается выделить районы, отличающиеся по типу вертикальной гидрогеохимической зональности. При изучении процессов загрязнения подземных вод нами выполняются следующие гидрогеохимические построения: карты гидрогеохимического фона, санитарно-гидрогеохимического состояния и схемы типизации по устойчивости к загрязнению. Карты и схемы сопровождаются гидрогеохимическими разрезами и профилями. Карты составляются на ландшафтно-гидрогеологической, инженерно-геологической или гидрогеологической основе. Используются данные режимных наблюдений за конкретный период времени. Режимная сеть наблюдений выносится на карту, и отражаются показатели состава вод, превышающие

ПДК. На схемах типизации по устойчивости к загрязнению выделяются районы, сложенные грунтами разной проницаемости и водоносности и отличающиеся геоморфологически (Гаев, 2018, 1972). В глинистых породах коэффициенты фильтрации низкие, и поэтому миграционная способность в них загрязняющих веществ понижена. В связи с этим для эффективных мер защиты окружающей среды от загрязнения рекомендуется размещать объекты, опасные в санитарном отношении, на глинистых породах, особенно в условиях слабо расчлененного рельефа и на значительном расстоянии от зон сосредоточения пресных вод. И наоборот, если породы района характеризуются хорошей проницаемостью и водоносностью, а рельеф его расчленен, то его воды рассматриваются как легко уязвимые для загрязнения. Зоны сосредоточения пресных подземных вод рекомендуются к защите и ограниченному хозяйственному использованию.

**Таблица.** Защищенность подземных вод и окружающей среды от загрязнения в связи с зональным характером их формирования

| Бассейны стока        | Гидродинамические зоны   | Элементарные геохимические ландшафты | Ведущие процессы  | Тип районов по защищенности подземных вод и ОС от загрязнения   |
|-----------------------|--|--------------------------------------|---|---|
| Микробассейны         | Аэрации  | Элювиальные                          | Элювиогенез: окисление, растворение, выщелачивание, гидролиз и пр. с образованием кор выветривания              | Устойчивость к загрязнению и величина водного стока определяются расстоянием от зон сосредоточения водных ресурсов, литологическим составом и коллекторскими свойствами пород |
|                       |  | Трансэлювиальные                     | Трансэлювиогенез: денудация и переотложение глинистых продуктов выветривания, формирование делювиальных шлейфов | Исключительно устойчивые к загрязнению: инфильтрация атм. осадков и подземный сток обычно незначительные  |
| Микро- и мезобассейны | Сезонных - и многолетних колебаний уровня грунтовых вод              | Супераквальные (гидроморфные)        | Супергенез: неустойчивость окислительно-восстановительной обстановки, преобладание процессов выщелачивания      | Неустойчивые к загрязнению: доля подземного стока и связь подземных вод с поверхностными значительны  |
| Мезо- и макробассейны | Насыщения и постоянного горизонтального стока вод классов Т6, Т7, Т8 | Субаквальные и аквальные             | Субаквогенез: подводное выщелачивание, электрохимическое растворение с частичным локальным эпигенезом           | Исключительно неустойчивые к загрязнению из-за хорошей взаимосвязи поверхностных и подземных вод с зонами сосредоточения  |

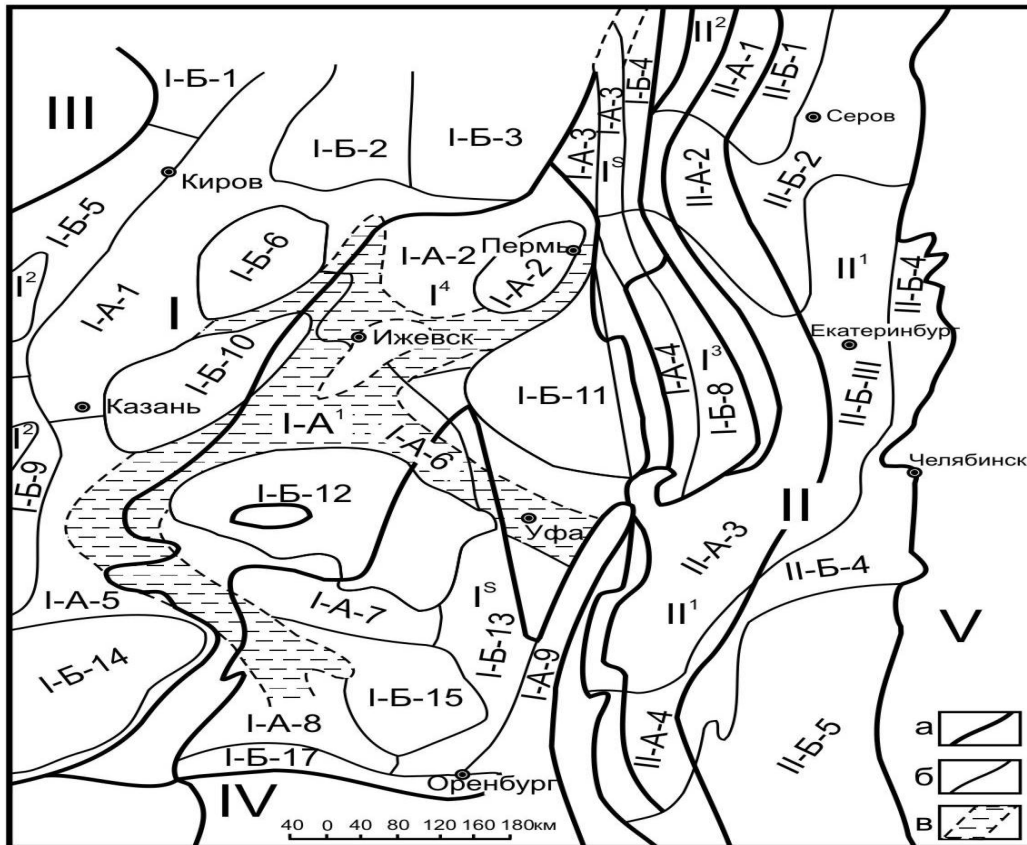
### О методах оценки геохимической деятельности подземных вод

Геохимическая деятельность подземных вод сводится к выщелачиванию, растворению, выносу химических элементов из вмещающих пород к их транспортировке и аккумуляции. Мы вслед за Г.А. Максимовичем, Ф.А. Макаренко, Е.А. Лушниковым, Г.Г. Жидковой, В.П. Зверевым, А.И. Коротковым и др. характеризуем эту деятельность природных вод с использованием модуля химического выноса, стока и привноса. Параметры модуля определяются через произведение концентрации элемента в растворе и модуля водного стока в т/км<sup>2</sup> в год. Однако при модульной оценке не учитывается мощность промываемых водами пород, и при различии в их ве-

личинах получаемые данные не сопоставимы. Для сопоставимости данных авторы, в соответствии с относительным модулем водного стока, предложенного Б.И. Куделиным (1954), применяют относительный модуль химического стока по А.Я. Гаеву, выражаемый в т/км<sup>2</sup> в год на 1 м мощности промываемой зоны или горизонта. Используя указанный параметр при картографировании, можно четко выделить локальные поднятия (Гаев, 1972). По направлению с севера на юг Урала вместе со сменой широтных гидрогеохимических зон происходит последовательное изменение модуля общего и подземного химического стока. Для количественной оценки загрязнения вод в работе использована методика определения предельно допустимых загрязнений (Мпдв), предложенная А.Я. Гаевым в 1984 г. (Гаев, 2018, 1972),

который ввел также понятие «модуля ПДК» ( $M_{\text{пдж}}$ ) – модуля химического стока, условно допускающего концентрацию компонентов (или минерализацию) на уровне ПДК.  $M_{\text{пдж}}$  равен произведению величины модуля водного стока на предельно допустимую кон-

центрацию компонента-загрязнителя. Каждый район характеризуется модулем подземного химического стока ( $M_{\text{пхс}}$ ) и  $M_{\text{пдж}}$ . Разница между  $M_{\text{пдж}}$  и  $M_{\text{пхс}}$  дает модуль предельно допустимого загрязнения ( $M_{\text{пдв}}$ ) (рис. 5).



**Рис. 5.** Схема гидрогеохимического районирования региона. Границы: а – областей; б – районов; в – Камско-Кинельских прогибов. Артезианских бассейнов и складчатой области: I – Волго-Камского; II – Уральской; III – Московского; IV – Прикаспийского; V – Западно-Сибирского. Районы разные по закрытости: II<sup>1</sup> – открытые; II<sup>2</sup>, II<sup>3</sup> – полуоткрытые; II<sup>4</sup> – полузакрытые; II<sup>5</sup> – закрытые и II<sup>6</sup> – хорошо закрытые. Гидрогеохимические районы, соответствующие бассейнам более высокого порядка: I-A-1 – Казанско-Кажимский; I-A-2 – Верхнекамский; I-A-3 – Западно-Соликамский; I-A-4 – Западно-Юрюзано-Сылвенский; I-A-5 – Мелекесский; I-A-6 – Благовещенский; I-A-7 – Серноводско-Абдулинский; I-A-8 – Бузулукский; I-A-9 – Западно-Бельский; I-A<sup>1</sup> – Камско-Кинельских межформационных прогибов. Районы, соответствующие артезианским сводам и моноклиналам: I-B-1 – Сысольский; I-B-2 – Коми-Пермяцкий; I-B-3 – Камский; I-B-4 – Восточно-Соликамский; I-B-5 – Котельничский; I-B-6 – Немский; I-B-7 – Пермский; I-B-8 – Восточно-Юрюзано-Сылвенский; I-B-9 – Токмовский; I-B-10 – Кукморский; I-B-11 – Башкирский; I-B-12 – Альметьевско-Белебеевский; I-B-13 – Юго-Восточного склона Русской платформы; I-B-14 – Жигулевско-Пугачевский; I-B-15 – Оренбургский; I-B-16 – Восточно-Бельский; I-B-17 – Приборттовой Прикаспийский. Артезианские бассейны, гидрогеологические массивы и адмассивы пост миогеосинклинального Урала: II-A-1 – Верхневишерский; II-A-2 – Кизеловско-Теплогорский; II-A-3 – Белорецко-Чусовской; II-A-4 – Зилаирско-Верхнесакмарский; II-A-5 – Саринско-Губерлинский. Гидрогеологические районы Уральской системы гидрогеологических массивов и Адартезианские бассейны Артезианские бассейны, гидрогеологические массивы и адмассивы постэвгеосинклинального Урала: II-B-1 – Верхнелозьвинско-Карпинский; II-B-2 – Тагило-Туринский; II-B-3 – Свердловский; II-B-4 – Алапаевско-Миасско-Сибайский; II-B-5 – Магнитогорско-Орский



При положительной величине  $M_{\text{пдв}}$  санитарно-гигиеническое состояние территории считают удовлетворительным, а при отрицательном значении – неудовлетворительным. Таким образом, модуль предельно допустимого загрязнения – это количественное выражение загрязнения, при котором сохраняется удовлетворительное состояние стекающих с этой площади вод.  $M_{\text{пдв}}$  отражает запас санитарной прочности конкретного участка или бассейна. Этот параметр носит условный характер, но его введение позволяет использовать данные по химическому стоку для санитарной оценки конкретных районов. Эти представления базируются на данных о предельно допустимых концентрациях и предельно допустимых выбросах.

Районы гидрогеологически закрытые сменяют предыдущие к западу и северо-западу (рис. 3). Мощность чехла уменьшается, и галогенные отложения частично сменяются сульфатно-карбонатными. Закрытость недр и газовый фактор нефтяных залежей изменяются, что согласуется со сменой вертикальной зональности. Растет мощность зоны хлоридного гидрогенеза за счет зон гидрогалогенеза. Однако количество вертикальных гидрогеохимических зон и последовательность их расположения остаются те же. Снижается минерализация рассолов в зоне максимального гидрогалогенеза, не превышая 280–300 г/л, что обусловлено исчезновением из состава сульфатно-карбонатного водоупора хлоридов калия и магния.

Районы гидрогеологически полузакрытые, расположены северо-западнее предыдущих (рис. 3). Здесь мощности зон гидрогенеза еще более возрастают за счет зон гидрогалогенеза, местами выклинивающихся из разреза. Немного уменьшается и минерализация рассолов, возрастает встречаемость зон деминерализации и в более глубоких горизонтах.

В районе выступов кристаллического фундамента Котельничского и Токмовского сводов мощность чехла сокращается до 1 км, вертикальная зональность меняется (рис. 2), свидетельствуя о полуоткрытом режиме. Зоны гидрогенеза здесь доминируют. По гидрогеохимическим признакам – это деминерализованные рассолы с неустойчивыми параметрами химического состава.

По схеме гидрогеохимического районирования региона возможно оценить перспекти-

вы его нефтегазоносности. Наиболее благоприятны районы с хорошо развитой гидрогеохимической зоной равновесного гидрогалогенеза. И, наоборот, те площади, где зона равновесного гидрогалогенеза отсутствует в разрезе, можно отнести к неперспективным на нефть и газ (Шихово-Чепецкая, Котельничская, Опаринская и др.). Мощная зона равновесного гидрогалогенеза обнаружена в Предуральском и Казанско-Кажимском прогибах, на борту Прикаспийской впадины. Это свидетельствует о хороших перспективах открытия новых месторождений углеводородов на этих территориях, а также о необходимости более широкого использования гидрогеологических методов в прогнозном комплексе месторождений полезных ископаемых.

### Заключение

Сложность гидрогеологических и гидрогеохимических закономерностей региона обусловлена большими вариациями изменений физико-географических и структурно-геологических условий от лесостепных районов к сухостепным и от горно-складчатого Урала к платформенному Предуралью. Установлены большие различия в формировании подземных вод в горно-складчатых, платформенных и переходных районах. Гидрогеохимические закономерности территории определяют особенности ее картографирования и районирования, а также обработку и интерпретацию фактического материала при расчленении разрезов и изучении бассейнов стока. В работе использованы представления о гидродинамических и гидрогеохимических этажах, о гидрогеологических водоносных комплексах и горизонтах. Каждый район отличается по своей вертикальной гидрогеохимической зональности, синтезирующей самые существенные черты эволюции данной структуры в течение определенного периода истории. В результате в разрезе формируются химические типы вод с зонами определенной мощности, последовательно сменяющие друг друга в пределах смежных районов или провинций (поясов). Один тип зональности может характеризовать группу структур.

**Библиографический список**

Всеволожский В.А. Подземный сток и водный баланс платформенных структур. М.: Недра, 1983. 167 с.

Гаев А.Я., Тихоненко М.А., Килин Ю.А. Фундаментальные и прикладные проблемы гидросферы. Часть II. Экологические проблемы: учеб. пособие / под общ. ред. А.Я. Гаева // М.: Университетская книга, Редакционно-издательский дом Российского нового университета, 2018. 200 с.

Гаев А.Я., Е.А. Лушников. Интенсивность подземной химической денудации на восточном склоне Среднего Урала / Науч. тр. Ташк. гос. ун-та. 1972. Вып. 432. С. 92–94.

Гидрогеология СССР. М.: Недра, 1972. Т. 14. 648 с; 1972. Т. 43. 272 с.

Зекцер И.С. Закономерности формирования подземного стока и научно-методические основы его изучения. М.: Наука, 1977. 172 с.

Кирюхин В.А. Общая гидрогеология: Учебник / СПб гос. горный ин-т (техн. ун-т). СПб, 2008. 439 с.

Куделин Б.И. К методике картирования подземного стока // Вестн. МГУ. 1954. № 12. С. 117–121.

Лушников Е.А. Геологическая деятельность современных рек Урала и прилегающих равнин / Изд-во Воронеж. ун-та, Воронеж. 1974. 124 с.

Макаренко Ф.А. Зональность подземных вод и ее значение в геологических процессах // Проблемы гидрогеологии. М., 1960. С. 155–156.

Максимович Г.А. Гидрогеохимические зоны платформы // Химическая география и гидрогеохимия. Пермь, 1964. Вып. 3(4). С. 101–120.

Мартин В.И. Гидрогеология и типы карста Башкирии: Автореф. дис. ...канд. геол.-минерал. наук / Пермь, 1975. 31 с.

Перельман А.И. Геохимия. М.: Высш. шк., 1979. 423 с.

Самарина В.С. Гидрогеохимия / Л.: Изд-во ЛГУ, 1977. 360 с.

Смирнов С.И. О природе гидрогеохимической зональности // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. геол. 1981. Т. 56, вып. 1. С. 124–138.

## On the Hydrogeological and Hydrogeochemical Features of the Orenburg Region and Adjacent Areas

A.Ya. Gaev, I.V. Kudelina

Orenburg State University 13 Pobedy Ave., Orenburg 460018, Russia

E-mail: gaeyev@mail.ru

The complexity of the formation of hydrodynamics and chemical composition of natural waters of the Urals folded mountains and platform Pre-Urals is due to large differences in the geological structure and in the formation of fluids in the mountain-fold, platform, and transition zones. In addition, the properties and amount of waters in the hydrosphere in the supercritical state below the Conrad boundary are practically not investigated. Hydrogeochemical regularities are used in mapping, zoning of the territory, as well as for the interpretation of the actual material, and division of the cross-section in the drainage basins. For this purpose, concepts of hydrodynamic and hydrogeochemical floors, hydrogeochemical zones, hydrogeological and hydrogeochemical aquifer complexes and horizons are used. Each hydrogeological area is distinguished by its vertical hydrogeochemical zonation, which synthesizes the most essential features of the evolution of this structure during a particular period of history. As a result, chemical types of waters with zones of a certain thickness, successively replacing each other within adjacent areas or provinces (belts) are formed. The same type of zonation may also characterize a group of structures.

Key words: *hydrodynamic zones; hydrogeological floors; hydrogeochemical zoning.*

**References**

Gaev A.Ya. 1972. Intensivnost podzemnoy khimicheskoy denudatsii na vostochnom sklone Srednego Urala [The intensity of underground chemical denudation on the eastern slope of the Middle Urals]. A.Ya. Gaev, E.A. Lushnikov Eds. In: Nauchnye Tr. Tashk. State University, pp. 92–94. (in Russian)

Gaev A.Ya. 2018. Fundamentalnye i prikladnye problemy gidrosfery. Part II. Ekologicheskie prob-

lemy [Fundamental and applied problems of the hydrosphere. Part II. Environmental problems]. A.Ya. Gaev, M.A. Tikhonenko, Yu.A. Kilin Eds. Moskva, Publishing House of the Russian New University, p. 200. (in Russian)

*Gidrogeologiya* USSR [Hydrogeology of the USSR]. Moskva, Nedra, 1972, V. 14, p. 648. (in Russian).

*Gidrogeologiya* USSR [Hydrogeology of the USSR]. Moskva, Nedra, 1972, V. 43, p. 272. (in Russian)

- Kiryukhin V.A.* 2008. Obshchaya gidrogeologiya [General hydrogeology]. St. Petersburg, St. Petersburg State Mining Institute, p. 439. (in Russian)
- Kudelin B.I.* 1954. K metodike kartirovaniya podzemnogo stoka [To the methodology of mapping the underground runoff]. Vestnik MSU, pp. 117–121. (in Russian)
- Lushnikov E.A.* 1974. Geologicheskaya deyatelnost sovremennykh rek Urala i prilgayushchikh ravnin [Geological activity of modern rivers of the Urals and adjacent plains]. Voronezh, Voronezh Univ. Publishing House, p. 124. (in Russian)
- Makarenko F.A.* 1960. Zonalnost podzemnykh vod i eyo znachenie v geologicheskikh protsessakh [Zonation of groundwater and its significance in geological processes]. In: Problems of hydrogeology. Moskva, pp. 155–156. (in Russian)
- Maksimovich G.A.* 1964. Gidrogeochimicheskie zony platform [Hydrogeochemical zones of the platform]. Khimicheskaya geografiya i gidrogeokhimiya, pp. 101–120. (in Russian)
- Martin V.I.* 1975. Gidrogeologiya i tipy karsta Bashkirii [Hydrogeology and types of the Bashkiria karst]. Diss. Cand. Geol.-min. nauk, Perm. (in Russian)
- Perelman A.I.* 1979. Geokhimiya [Geochemistry]. Moskva, Vysshaya shkola, p. 423. (in Russian)
- Samarina V.S.* 1977. Gidrogeokhimiya [Hydrogeochemistry]. Leningrad, Publishing House of LSU, p. 360. (in Russian)
- Smirnov S.I.* 1981. O prirode gidrogeokhmicheskoy zonalnosti [On the nature of hydrogeochemical zonation]. Bull. Mosk. obshch. ispytat. prirody. Otd. geol., pp. 124–138. (in Russian)
- Vsevolozhskiy V.A.* 1983. Podzemnyy stok i vodnyy balans platformennykh struktur [Underground runoff and water balance of platform structures]. Moskva, Nedra, p. 167. (in Russian)
- Zektser I.S.* 1977. Zakonomernosti formirovaniya podzemnogo stoka i nauchno-metodicheskie osnovy ego izucheniya [Regularities of underground runoff formation and scientific and methodological foundations of its study]. Moskva, Nauka, p. 172. (in Russian)