



**МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА**

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ МГУ

Ленинские горы, Москва, 119234
Телефон: 939-13-01, Факс: 932-88-89

14/15-18 № 324-48/107-03
На № _____

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор

Московского государственного

университета имени М. В. Ломоносова

профессор А.А. Федянин

и

2018 г.

О Т З Ы В

ведущей организации - Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» на диссертацию **Лепокуровой Олеси Евгеньевны «Содовые подземные воды юго-востока Западной Сибири: геохимия и условия формирования»**, представленную на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.07 – гидрогеология.

Содовые ($\text{HCO}_3 - \text{Na}$) подземные воды широко распространены в природе и отличаются разнообразием химического, газового и изотопного состава. Они занимают обширные области в широтном направлении, являясь одним из звеньев широтной гидрохимической зональности, также данные воды могут занимать почти всю зону активного водообмена в вертикальной зональности. Некоторые разновидности гидрокарбонатно-натриевых вод, например, углекислые, являются востребованными минеральными водами. Несмотря на многолетние исследования, проблема генезиса содовых вод, их газового состава и минеральной нагрузки остается нераскрытой и весьма дискуссионной. Причем, это относится даже к наиболее доступным для исследований водам зоны активного и затрудненного водообмена. Поэтому проведенные в работе многочисленные и тщательные анализы химического и газового состава этих вод, изотопного состава водной фазы и растворенных веществ, привлечение современных методов компьютерного термодинамического моделирования для решения вопроса формирования химического состава растворов в системе вода – порода – газ –

органическое вещество, позволяющие аргументировано решить вопрос генезиса водной фазы и растворенного углекислого газа, представляют несомненную научную ценность.

В связи с этим, рецензируемая работа Лепокуровой О.Е., посвященная изучению условий формирования содовых вод на территории юго-восточной части Западной Сибири, определению генезиса самой водной фазы и растворенных в ней веществ включая микроэлементы, а также обоснованию разделения вод на несколько генетических типов, является **актуальной**.

Цель работы заключалась в выяснении условий и механизмов формирования содовых вод применительно к водам, локализованным в пределах юго-восточной части Западной Сибири, в рамках широко известной теории взаимодействия метеорных вод с алюмосиликатными породами. Для достижения целей работы диссертантом были сформулированы следующие задачи: 1. Выявить закономерности распространения и гидрогеологической зональности содовых вод в регионе; 2) Изучить геохимические особенности содовых вод, включая химический (макро- и микрокомпонентный), газовый, органический и изотопный состав, с выделением разных типов и их характерных признаков; 3) Оценить равновесие содовых вод относительно ведущих минералов вмещающих пород с выявлением контролирующих параметров формирования вторичных минералов и состава вод; 4) Разработать модель формирования содовых вод разных типов и определить ведущие механизмы их формирования.

Результаты, представленные в диссертации, позволяют сделать вывод, что цель работы достигнута, а задачи, поставленные перед соискателем, успешно решены.

На основе обширного фактического материала проведено комплексное изучение гидрогеологии и гидрохимии Кузнецкого адартезианский бассейна и юго-восточной часть Западно-Сибирского артезианского бассейна, включая данные по Колывань-Томской складчатой зоне и Салаиру. В результате выделено пять геохимических типов содовых вод, в том числе выявлены уникальные с высокой (~ 25 г/л) и низкой ($\sim 0,2$ г/л) минерализацией. Достаточно логично и обосновано предложен механизм их образования. При рассмотрении механизма формирования ультрапресных высокощелочных содовых вод привлечено подробное изучение хемотрофной микрофлоры данных вод, которая активно участвует в формировании химического состава.

Важные результаты получены при изучении изотопного состава водорастворенного углерода содовых вод. Впервые установлено, что воды угольных отложений имеют необычные положительные значения $\delta^{13}\text{C}$ (HCO_3 и CO_2) до +31‰. По данным термодинамических расчетов установлен характер равновесия содовых вод с широким набором первичных и вторичных минералов. Представлены убедительные доказательства что все содовые воды региона независимо от их минерализации и pH, равновесны с

кальцитом и основными глинистыми минералами, однако неравновесны с первичными Са-Mg-Fe-алюмосиликатами. Приводятся графики и таблицы индексов насыщения для всех основных минеральных фаз, взаимодействующих с подземными углекислыми водами, а также таблицы миграционных форм основных растворенных компонентов.

Впервые для региона обоснована и применена концептуальная модель формирования содовых вод, которая показывает, что многообразие их состава связано с разным временем взаимодействия в системе вода–порода и с особенностями среды (наличием или отсутствием дополнительного источника CO_2 и органики), что нашло дополнительное подтверждение данными изучения изотопов ^{18}O и ^{13}C . Особо следует отметить, что в работе детально изучены вариации значений $\delta^{13}\text{C}$ в содовых водах региона и впервые для данных вод логично объяснена природа масштабного фракционирования $\delta^{13}\text{C}$: длительная эволюция системы вода–порода–уголь–метан сопровождается преимущественным концентрированием ^{13}C в водной фазе (HCO_3^-), а затем во вторичных карбонатах, а ^{12}C – в метане. Все выводы подтверждаются табличными и графическими материалами, полученными по результатам обработки первичных данных химических анализов, включающих как макро-, так и микрокомпонентный составы.

Практическая значимость работы заключается в том, что результаты полученных автором позволили объяснить генезис CO_2 иногда появляющегося в метановом газе угольных шахт ООО «Газпром добыча Кузнецк». Кроме того, уточнение химического состава и условий локализации содовых вод юго-востока Западной Сибири активно используемых местным населением для питьевых и бальнеологических целей может быть использовано при поиске и эксплуатации минеральных вод и вод хозяйственно-питьевого предназначения. Совершенно новые данные по изотопному и микрокомпонентному составу содовых вод, несомненно, будут востребованы в качестве учебно-методического и справочного материала.

Структура диссертации построена традиционным образом и состоит из 6 глав, введения, заключения и приложения, содержащего химические анализы исследованных вод. Общий объем диссертационной работы составляет 217 страниц. Список использованной литературы включает в себя 302 наименование, из них 94 источника - англоязычная литература. Работа хорошо оформлена и проиллюстрирована 66 рисунками и 37 таблицами.

Вместе с тем, к работе имеется ряд замечаний, как редакционного плана, так и стилистических и смысловых.

1. Утверждение что «Содовые воды повсеместно распространены в верхней части земной коры» (стр. 11) не является истинным, поскольку в зоне активного и затрудненного водообмена гидрохимический тип воды напрямую зависит от минералогического состава

вмещающих пород и еще Самариной В.Л. (Самарина, 1977) показано, что в загипсованных породах содовые воды не образуются. На стр. 17 есть аналогичное утверждение: «содобразование возможно в любых горных породах, независимо от их состава», однако данное наблюдение верно только для рассматриваемых в работе территорий, потому что водовмещающие породы этого региона представлены однообразными песчано-глинистыми толщами. Кроме того, невозможно согласиться с утверждением, что «гидрогеологи упускали содовые воды, не находя им место в общей зональности» (стр. 18) – поскольку только генезис содовых вод является предметом дискуссий, а место локализации этих вод, как в горизонтальной, так и в вертикальной зональности определено уже давно. В частности, В.Л. Самарина их уверенно относит к инфильтрационным водам зоны активного водообмена, формирующимся в песчано-глинистых или кристаллических породах (Самарина, 1977). Также известно положение глубинных $\text{HCO}_3\text{-Na}$ вод в зоне весьма затрудненного водообмена (Ежов Ю.А., 1978; Лагунова И.А., 1979).

2. В работе рассматриваются содовые воды зон активного и затрудненного водообмена, однако совершенно не упоминаются содовые воды зоны весьма затрудненного водообмена (так называемые глубинные щелочные или инверсионные), которые располагаются ниже зоны рассолов, что представляется очень существенным упущением. Отсутствие упоминания об инверсионных водах создает искаженное впечатление, что в работе рассмотрены все существующие в природе типы содовых вод.

3. В работе содовые воды с минерализацией ~ 25 г/л описаны как воды ранее неизвестной уникально высокой минерализации (стр. 91), но это утверждение справедливо только для рассматриваемого региона. На Сахалине известны подземные содовые воды еще более высокой минерализации, до 50 г/л (Воды нефтяных и газовых месторождений СССР (справочник). Под ред. Л.М. Зорькина, М., Недра, 1989. С. 384).

4. Автор строит выводы о связях характеристик состава вод простыми корреляциями. Для такой многокомпонентной системы как содовые воды возможно было получить более развернутые характеристики использованием многокомпонентного статистического анализа. Кроме того, многие выводы сделанные на основе корреляционных связей выглядят несколько преждевременно:

4.1. Утверждение, что «содержание HCO_3 с глубиной увеличивается» (рис. 3.2) недостаточно четко подтверждается расположением значений, образующих «облако».

4.2. Утверждение, что «рН типичных содовых вод Кузбаса увеличивается с глубиной» не подтверждается графически, т.к. на рис. 3.10 точки образуют «облако», а

максимальному значению рН (10,5) соответствует глубина ~750 м, а не максимальная глубина распространения этих вод (1400 м). Следовало бы уточнить интервал глубин.

5. На стр. 159 присутствуют две фразы: «I тип пресных содовых вод – это обычные грунтовые воды, которые залегают на небольшой глубине (50-200 до 600 м)», «В редких случаях они могут формироваться в зоне активного водообмена в грунтовых водах»

Возникает два вопроса: 1) Грунтовые воды содового типа – это типичный или редкий случай?; 2) Почему глубина 500-600 м считается «небольшой»? Надо было бы более четко сформулировать эти определения.

6. Утверждение, что «Содовые воды – это продукт эволюции системы инфильтрационные воды – алюмосиликатные породы – газ – ОВ» (стр. 160), создает впечатление всеобъемлющего характера, в то время как один из очень широко распространенных типов содовых вод – инверсионные воды, которые в работе вообще не рассматриваются, формируются совершенно по другим законам (Крайнов и др., 2004).

7. Вызывает недоумение использование термина глины применительно к минералам. Глина – осадочная горная порода, состоящая в основном из глинистых минералов.

8. Расчеты равновесий выполнены диссертантом при помощи программы Михаила Болеславовича Букаты, при этом автор несколько раз обращает внимание на сертификацию программы (с. 8, 25, 133), приводит вид ее на экране компьютера (с. 25), однако описание использования автором программы для расчетов равновесий в исследуемой гидрогеохимической обстановке в защищаемой работе отсутствует. Отсутствует описание гидрогеохимической системы. Приводятся только общие слова о вводе результатов химического анализа воды, температуры, E_h и рН раствора и о трудоемком расчете "активности химических соединений (то, что реально есть в растворе)". Последние слова в скобках удивляют – реально в растворах есть концентрация, а активность показывает условную концентрацию действующую в термодинамических расчетах.

9. Кроме того не понятно, при какой температуре определялись ионы карбоната и бикарбоната. Как задавалась свободная углекислота (H_2CO_3), ее нет даже в таблице 3.17 с водами, имеющими $pH < 7$. А ведь основными равновесными минералами полагались карбонатные. Достаточно давно и хорошо известно, что равновесие с карбонатными минералами наступает довольно быстро, особенно с кальцитом. Вследствие этого странно выглядят результаты расчетов, приведенные в таблице 5.1 и на рис. 5.1. Практически, все воды сильно перенасыщены по отношению к кальциту, чего в природе, кроме особых условий типа формирования травертинов или сталактитов за счет резкого снижения парциального давления углекислого газа, быть не может, особенно при наличии кальцита в

породе, как и недонасыщения в случае присутствия кальцита. Диссертант полагает, что и другие карбонатные минералы так же пребывают в равновесии с подземными водами, однако этого не видно из результатов расчета. По мнению рецензентов, все это указывает либо на неверные анализы, что скорее всего не так, либо на некорректную методику моделирования, описание которой отсутствует в работе.

10. Так же автор не обсуждает проблему магнезита, который опытным путем можно получить лишь при повышенных температурах и давлениях (Дир У.А. и др., Пороодообразующие минералы, т.5, 1966). Судя по известным диаграммам устойчивости, в условиях рассматриваемых автором могут существовать другие карбонаты магния – гидромагнезит, несквегонит, лансфордит, артинит. Какой из них будет устойчив для каждого случая и определяется термодинамическим моделированием. По отношению к нему и определяется равновесие. Все высказанное позволяет усомниться в качестве проведенных расчетов и с глинистыми минералами. В частности, при взаимодействии с приведенными в таблице 5.1 монтмориллонитами, возможно существование не всего набора, а только отдельных устойчивых в данной гидрогеохимической системе. И непонятно, зачем приведен индекс насыщения для галита, явно не присутствующего в рассматриваемых условиях.

11. Геохимический барьер является местом быстрой смены геохимической обстановки по пути миграции подземных вод. В работе, начиная со с. 17 причины формирования барьера четко не определены. Так, на с. 17 получается, что при достижении насыщения начинается осаждение кальцита и монтмориллонита и возникает барьер. Однако такое может произойти только при изменении либо внешних условий (температура, давление), либо при переходе к другим породам. Та же позиция существует и на с. 156 – вода насытилась и сама по себе начинает осаждать. В итоге (с. 159), по мнению автора, может возникнуть повсеместный геохимический барьер, что не вяжется с известными определениями понятия геохимического барьера. Автор, к сожалению, не привел условия образования барьера, причины его возникновения.

12. Имеется ряд опечаток, стилистических недостатков и ошибок в тексте, таблицах и схемах. Список предоставлен автору.

Указанные замечания в значительной степени являются дискуссионными, во многом касаются лишь оформления материала и не снижают достоинств диссертационной работы, которая посвящена актуальной теме и является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на достаточном уровне. Основные результаты диссертации представлены научной общественности на ведущих российских и международных совещаниях, опубликованы в рецензируемых, в том числе зарубежных,

изданиях в виде 87 работ, в том числе одна монография (в соавторстве) и 18 статей в базах данных Scopus и Web of Science, в которых полностью представлены все защищаемые положения. Всего имеется 28 статей в рецензируемых российских и зарубежных изданиях из перечня ВАК. Статьи написаны в соавторстве со специалистами, которые не имеют возражений против защиты данной работы. Автореферат и текст диссертации оформлены согласно требованиям нормативно-методических документов и отвечает содержанию диссертации.

По объёму работы, её теоретическому и практическому уровню, актуальности, новизне и значимости результатов диссертационная работа О.Е.Лепокуровой соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор заслуживает присуждения учёной степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.07 - гидрогеология.

Отзыв, составленный профессором кафедры гидрогеологии геологического факультета МГУ им.Ломоносова д.г.-м.н. А.В.Леховым и доцентом кафедры гидрогеологии геологического факультета МГУ им.Ломоносова к.г.-м.н. Т.А.Киреевой, обсужден и одобрен на заседании этой кафедры, протокол 11 от 04.07.2018 г.

Профессор кафедры гидрогеологии,
доктор геол.-мин. наук



Лехов А.В.

Доцент кафедры гидрогеологии,
кандидат геол.-мин. наук

Киреева Т.А.

Зам.зав.кафедрой гидрогеологии
кандидат геол-мин.наук

Маслов А.А.

Зам.декана геологического факультета
доктор геол-мин.наук



Вознесенский Е.А.