

Оригинальная статья / Original article

УДК: 556.314

DOI: 10.21285/2541-9455-2017-40-3-70-81

РИФТОГЕННЫЙ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЙ ИСТОЧНИК ПРЕСНЫХ ВОД БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА

© Ю.Н. Диденков^а, З.В. Проскурякова^б

^{а,б}Иркутский национальный исследовательский технический университет,
Российская Федерация, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

РЕЗЮМЕ. Цель статьи – исследование роли процессов рифтогенеза в формировании природных вод Байкальского региона. **Методы.** Основными использованными методами исследований являлись структурно-гидрогеологический анализ и имитационное компьютерное термодинамическое моделирование с применением программного комплекса «Селектор». **Результаты.** Разработаны схема формирования структурно-гидрогеологических условий Байкальского региона; концептуальная схема и модели формирования природных вод; выполнено районирование и охарактеризованы выделенные гидрогеологические структуры; показаны результаты физико-химического моделирования эволюции эндогенного углеводородного флюида при подъеме к поверхности и разгрузке в озеро Байкал. **Выводы.** На основе структурно-гидрогеологического анализа и термодинамического моделирования установлена возможность существования эндогенного возобновляемого источника пресных вод, формирующегося в результате дегазации на современном этапе развития Байкальского рифтогенеза. Этим обуславливается как пресноводность гидросферы рассматриваемого региона в целом, так и сохранение уникального состава вод рифтовых озер Байкал и Хубсугул.
Ключевые слова: рифтогенез, структурно-гидрогеологический анализ, физико-химическое моделирование.

Формат цитирования: Диденков Ю.Н., Проскурякова З.В. Рифтогенный возобновляемый источник пресных вод Байкальского региона // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых. 2017. Т. 40. № 3. С. 70–81. DOI: 10.21285/2541-9455-2017-40-3-70-81

RIFTOGENIC RENEWABLE SOURCE OF BAIKAL REGION FRESH WATERS

Yu.N. Didenkov, Z.V. Proskuryakova

Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russian Federation.

ABSTRACT. The **Purpose** of the article is to study the role of rifting in the formation of Baikal region natural waters. **Methods.** The main research methods used in the study are structural hydrogeological analysis and simulation computer thermodynamic modeling using the “Selector” software complex. **Results.** A formation scheme of structural and hydro-geological conditions of the Baikal region has been developed as well as a conceptual scheme and formation models of natural waters. Zoning has been performed and identified hydrogeological structures have been described. The results of physico-chemical modeling of endogenous hydrocarbon fluid evolution when lifting to the surface and discharging into Lake Baikal have been shown. **Conclusions.** The structural-hydrogeological analysis and thermodynamic modeling allowed to establish the possibility of the existence of an endogenous renewable

^аДиденков Юрий Николаевич, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры прикладной геологии Института недропользования, e-mail: didenkov-irk@mail.ru

Yuriy N. Didenkov, Candidate of Geological and Mineralogical sciences, Associate Professor of the Department of Applied Geology of the Institute of Subsurface Management, e-mail: didenkov-irk@mail.ru

^бПроскурякова Забава Владимировна, аспирант кафедры прикладной геологии Института недропользования, e-mail: Sphira@rambler.ru

Zabava V. Proskuryakova, Postgraduate of the Department of Applied Geology of the Institute of Subsurface Management, e-mail: Sphira@rambler.ru

source of fresh water formed as a result of degassing at the present stage of Baikal rifting development. This fact determines both the hydrosphere freshness of the region under investigation and the preservation of the unique composition of waters of the rift lakes of Baikal and Khubsugul.

Keywords: rifting, structural and hydrogeological analysis, physico-chemical modeling

For citation: Didenkov Yu.N., Proskuryakova Z.V. Riftogenic renewable source of Baikal region fresh waters. Proceedings of the Siberian Department of the Section of Earth Sciences of the Russian Academy of Natural Sciences. Geology, Exploration and Development of Mineral Deposits, 2017, vol. 40, no. 3, pp. 70–81. (In Russian). DOI: 10.21285/2541-9455-2017-40-3-70-81

Введение

Вода – главный природный ресурс. Нет таких аспектов существования человечества, которые не нуждаются в ее потреблении. Сегодня с полным основанием следует говорить о фундаментальной ценности воды, поскольку она является незаменимым и не заменяемым ресурсом. При этом ни экономика, ни сама жизнь не могут существовать без нее. Обострение дефицита пресной воды до условий водного кризиса стало касаться значительной части населения Земли.

Байкальский регион в этом отношении – один из немногих на планете обладает уникальной пресноводной (возобновляемой) гидросферой, включая ее центральное звено – озеро Байкал. Запасы пресной воды только в озере составляют 19% мировых и 90% российских запасов. Приуроченность региона к одноименной рифтовой зоне обуславливает исследование особенностей формирования уникальных гидрогенных систем с позиций флюидной геодинамики и тектоники литосферных плит, являющихся ведущими процессами, объединенными понятием «рифтогенез».

Байкальская рифтовая система занимает протяженный (более 2500 км) S-образный участок на востоке евразийского континента от Северной Монголии (Прихубсугулье) до отрогов Алданского щита и Станового хребта (Россия). В геоморфологическом отношении это система чередующихся хребтов и впадин (от Бусийнгольской до Токкинской). В тектоническом отношении регион является подвижным поясом земной коры, начавшим свое развитие в архее – протерозое

и продолжающим его в настоящее время, о чем свидетельствуют четвертичные вулканические образования (Тункинская впадина), повышенная сейсмическая активность, а также современная гидротермальная деятельность [1]. Следует отметить увеличение сейсмической активности по направлению к флангам рифтовой зоны, что говорит о продолжающемся росте тектонического шва [2–4].

Методы исследований

Рифтогенез – это сложный эндогенный процесс, заключающийся в растяжении, утонении и дроблении земной коры в условиях высоко поднятого мантийного диапира. Процесс сопровождается флюидной геодинамикой и тектоническими движениями. В процессе рифтогенеза формируется блоковое строение земной коры, выраженное в морфоструктурном отношении поднятыми («плечи» рифта) и опущенными (впадины) блоками, а также межблоковыми телами (зоны дробления разломов). Поднятие глубинного флюида, его эволюция и смешение с поверхностными водами в условиях рифтогенеза обеспечивает все богатство и разнообразие состава и свойств гидросферы региона. Гидрогеологическая роль рифтогенеза показана на разработанной схеме (рис. 1).

Основными методами выполняемых исследований являются структурно-гидрогеологический анализ и физико-химическое моделирование процессов формирования подземных вод Байкальского региона. Структурно-гидрогеологический анализ – это системный подход к проведению гидрогеологических исследований. Он основан на выделении

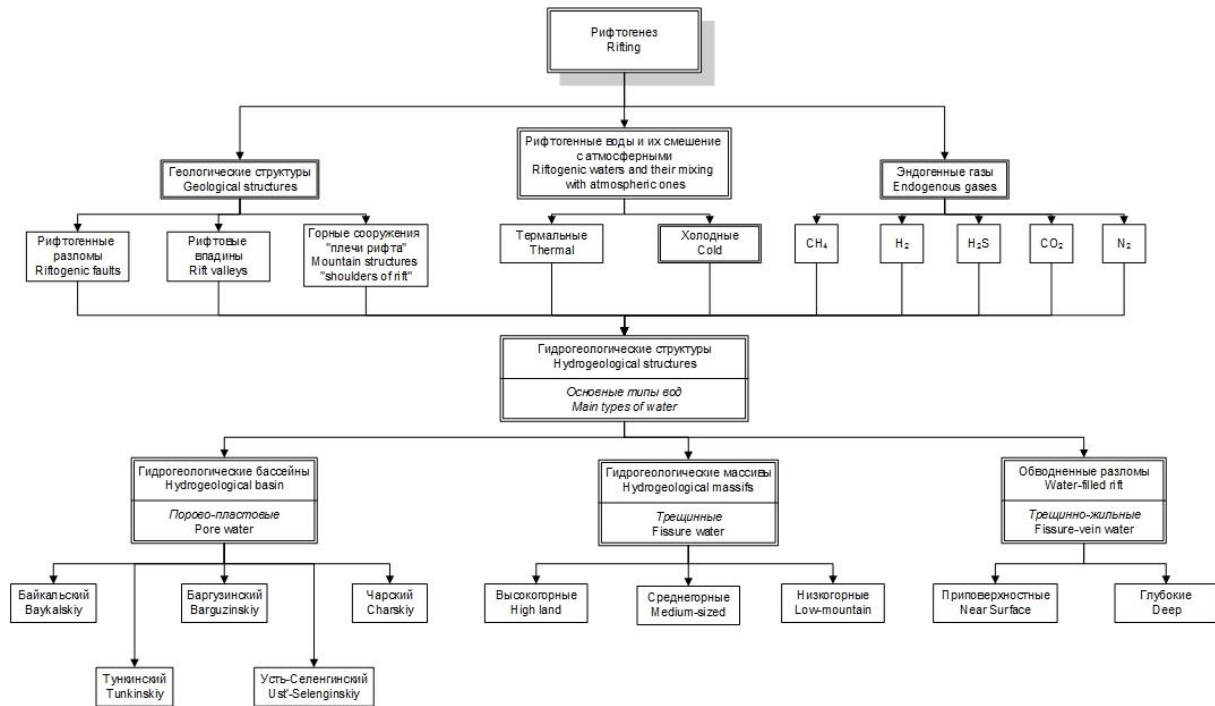


Рис. 1. Схема формирования структурно-гидрогеологических условий региона
 Fig. 1. Formation scheme of structural and hydrogeological conditions of the region

геологических структур с едиными факторами формирования гидрогеологических условий. В результате анализа выделяются три типа гидрогеологических структур: гидрогеологические бассейны, гидрогеологические массивы, обводненные разломы [5].

Гидрогеологические бассейны – это опущенные блоки земной коры, где происходит осадконакопление. Преимущественные типы коллекторов – поровые и трещинные, типы вод – порово- и трещинно-пластовые. Из-за большой мощности обводненных пород в платформенных бассейнах формируется вертикальная зональность состава подземных вод от пресных до рассолов.

Важным фактором формирования коллекторских свойств является степень зрелости бассейна. Молодые бассейны северо-восточного фланга Байкальской рифтовой зоны сложены гравийно-галечниковыми и валунно-глыбовыми орогенными образованиями, которые еще не прошли стадию уплотнения и характери-

зуются высокими коллекторскими свойствами в отличие от бассейнов центральной и юго-западной частей.

Гидрогеологические массивы – это блоки фундамента древних или молодых платформ, выступившие на дневную поверхность или расположенные близко к ней. Это положительные морфоструктуры, находящиеся выше базиса эрозии. В таких структурах формируются трещинные коллекторы зоны выветривания с трещинно-грунтовыми водами; их минерализация редко превышает 1 г/дм³, то есть здесь развиваются пресные воды.

Обводненные разломы – это межблоковые пластинообразные тела, ширина зон которых может достигать 80–100 км. Здесь формируются трещинные коллекторы с трещинно-жильным типом вод. Разломы являются в большей мере зоной транзита подземных вод. Закономерности формирования подземных вод обводненных разломов определяются прежде всего возрастом и глубиной их заложения. Часто обводненные разломы

создают аномалии в гидрогеохимическом и тепловом полях бассейнов и массивов.

Полученные результаты

Результаты структурно-гидрогеологического анализа и физико-химического моделирования процессов формирования подземных вод позволили выделить в регионе пять типов гидрогеологических бассейнов (см. рис. 1): Байкальский, Тункинский, Баргузинский, Усть-Селенгинский, Чарский [6]. Данная систематизация проведена на макроуровне и отражает в первую очередь структурные особенности бассейнов. Детальное районирование внутри каждого типа позволит установить закономерности распределения подземных вод на более высоком уровне, что повысит обоснованность прогноза крупных скоплений как холодных, так и термальных подземных вод, а значит, и результативность поисково-разведочных работ.

Разделение гидрогеологических массивов по высотной зональности (высокогорные, среднегорные, низкогорные) обусловлено структурными и ландшафтными особенностями: от высоты горного сооружения зависит его подверженность процессам выветривания и формированию почвенного покрова, определяющего гидрогеохимический профиль.

Выделение приповерхностных и глубоких разломов среди обводненных обусловлено формированием различного состава трещинно-жильных вод. Наряду со структурным положением при их выделении важную роль играет время заложения и цикл последней активизации. Древние разломы, не подновленные в кайнозое – мезозое, практически не имеют гидрогеологической значимости вследствие своей «залеченности» (см. рис. 1).

Ярким элементом гидрогеологических условий региона выступает наличие минеральных подземных вод с широким бальнеологическим спектром, приуро-

ченных к зонам глубоких тектонических нарушений. Обращает на себя внимание факт того, что минерализация гидротерм редко превышает 1 г/дм^3 , при этом температурный режим, газовый и микрокомпонентный составы изменяются в широких пределах. Так, температура природных вод меняется от холодных до горячих. На территории региона выделяют акратотермы, углекислые и метановые термы.

Проведенный структурно-гидрогеологический анализ, а также химико-аналитические и изотопные исследования позволили установить аномальный вынос мантийного гелия в Байкальской котловине и юго-западной части рифтовой зоны (изменение соотношения $^3\text{He}/^4\text{He}$ составляет от $0,20 \cdot 10^{-6}$ до $1,15 \cdot 10^{-6}$ при увеличении в Тункинской долине до $7,7\text{--}8,9 \cdot 10^{-6}$) на фоне выявленных гидрогеохимических инверсий в ряде впадин и отсутствия повышения содержания растворенных компонентов в гидрохимических профилях Байкала и Хубсугула.

Во второй половине прошлого столетия были рассчитаны солевой [7] и водный [8] балансы озера Байкал. В результате была установлена разница в солевом балансе озера ($0,095 \text{ г/дм}^3$) и впадающих в него рек ($0,117 \text{ г/дм}^3$), которая составляет $0,022 \text{ г/дм}^3$. Однако расчеты не учитывали ювенильную составляющую в питании озера. Количественно ювенильное питание озера может быть определено на основании данных по величинам минерализации и расходов воды, из которых складывается баланс озера. Величина минерализации ювенильного потока, согласно результатам выполненного имитационного термодинамического моделирования процесса подъема глубинного углеводородного флюида – продукта современной дегазации Земли и источника генерации первозданных вод в рифтовых геодинамических условиях, составляет $40\text{--}60 \text{ мг/дм}^3$. В гидрохимических расчетах принято

среднее значение – 50 мг/дм³ [9].

Результаты структурно-гидрогеологических и изотопных исследований, а также физико-химического моделирования, выполненных авторами и позволивших установить возможность существования эндогенного источника пресных вод в рифтовых геодинамических условиях [10], наряду с проведенными гидрохимическими расчетами [9] свидетельствуют о том, что участие ювенильной воды в питании озера Байкал представляется достаточно очевидным и может объяснить ряд особенностей его гидрохимического режима. В первую очередь – несоответствие минерализации воды озера и воды питающих его притоков. Величина ультрапресного ювенильного питания оценена в 17,5 км³ в год, что соответствует примерно 30% от общего стока из озера через Ангару [9].

На базе полученных знаний о структурно-гидрогеологических условиях региона, а также об установленном преимущественно углеводородном составе эндогенного флюида физико-химическое моделирование эволюции флюидной системы было проведено по модели охлаждения (подъема) флюида. Генерация и эволюция эндогенных водных растворов – сложный физико-химический процесс, который моделировался в ходе выполнения исследований с использованием современного программного комплекса «Селектор», разработанного в Институте геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН под руководством доктора геолого-минералогических наук И.К. Карпова [11].

Эволюцию водных растворов, формирующихся в зонах разгрузки глубинных флюидов, можно представить моделью проточного реактора, имитирующей охлаждение (подъем) эндогенного флюида. Исходя из сложившихся в настоящее время представлений о мантийном флюиде как преимущественно углеводородном принята следующая схема расчетов. Выбран состав первичного флюида,

соответствующий составу газовой-жидких включений в мантийных породах. В ходе моделирования рассчитывается ряд равновесных состояний системы, представленной мантийными породами и восходящим углеводородным флюидом в условиях понижающихся *PT*-значений. Снижение температуры и давления происходит согласно геобаротерме, представленной в таблице. Глубинный флюид из корневой зоны по трещинному флюидоканалу проникает в вышележащие резервуары, взаимодействуя с вмещающими породами. В данном сценарии водный раствор и газы являются подвижными фазами. Конденсированные фазы, образующиеся в результате установившегося равновесия с вмещающими породами, остаются в своих резервуарах и могут повторно вступать во взаимодействие с новыми порциями флюида. В резервуарах, отвечающих приповерхностным условиям, моделируется смешение с метеорными водами и придонной водой озера Байкал.

Модель представлена 9-ю последовательно связанными между собой резервуарами (рис. 2). Флюид, проходящий через стволую трещиноватую зону, взаимодействует с ксенолитами ультраосновных пород (с 1-го по 4-й резервуары) и с андезитами (5-й и 6-й резервуары); из 6-го резервуара поступает в зону кайнозойских осадков Байкальской впадины (7-й и 8-й резервуары), а затем – в зону разгрузки (9-й резервуар), представленную пресноводным Байкалом. Резервуары отличаются друг от друга *PT*-условиями и степенью протекания реакций, то есть соотношениями «восходящий флюид – порода» (см. таблицу). Число независимых компонентов, включая электрон, равно 14 : K-Na-Ca-Mg-Fe-Al-Si-S-Cl-C-N-H-O-e (где e – электрон). Список веществ, потенциально возможных в равновесии, включает 155 зависимых компонентов водного раствора, в том числе сам растворитель H₂O, 14 газов и 35

Термобарические условия резервуаров и степени протекания реакций
Thermobaric conditions of tanks and reaction rates

Номер резервуара / No. of tank	Температура T , °C / Temperature T , °C	Давление P , бар / Pressure P , bar	Степень протекания реакции KSI / Reaction rate KSI
1	500	1000	1 кг H ₂ O: 100 г породы*10 ⁻⁶ 1 kg H ₂ O: 100 g of rocks*10 ⁻⁶
2	400	300	1 кг H ₂ O: 100 г породы*10 ⁻⁵ 1 kg H ₂ O: 100 g of rocks*10 ⁻⁵
3	300	150	1 кг H ₂ O: 100 г породы*10 ⁻⁵ 1 kg H ₂ O: 100 g of rocks*10 ⁻⁵
4	275	110	1 кг H ₂ O: 100 г породы*10 ⁻⁵ 1 kg H ₂ O: 100 g of rocks*10 ⁻⁵
5	250	60	1 кг H ₂ O: 100 г породы*10 ⁻⁵ 1 kg H ₂ O: 100 g of rocks*10 ⁻⁵
6	225	50	1 кг H ₂ O: 100 г породы*10 ⁻⁵ 1 kg H ₂ O: 100 g of rocks*10 ⁻⁵
7	200	40	1 кг H ₂ O: 100 г породы*10 ⁻⁶ 1 kg H ₂ O: 100 g of rocks*10 ⁻⁶
8	100	20	1 кг H ₂ O: 100 г породы*10 ⁻⁷ 1 kg H ₂ O: 100 g of rocks*10 ⁻⁷
9	4	20	100 кг байкальской воды: 1 кг H ₂ O 100 kg of Baikal water: 1 kg H ₂ O

минеральных фаз. Необходимая термодинамическая информация взята из встроенных в программный комплекс «Селектор» баз термодинамических данных. Результаты моделирования образования ювенильных вод из мантийного флюида в зависимости от его исходного химического состава и содержания кислорода приведены на рис. 3.

Обсуждение результатов

В результате проведенных модельных экспериментов установлены преобразования состава эндогенного флюида при его подъеме от источника до разгрузки в Байкал. В ходе моделирования обращает на себя внимание низкая величина минерализации (до 40–60 мг/дм³), сохраняющаяся с 1-го по 8-й резервуары, непосредственно до смешения с водой Байкала. Сопоставление химических составов восходящего флюида с составом вод смешения «флюид – метеорные воды» и водой озера Байкал показывает, что восходящий поток, имеющий более низкую минерализацию, при соответству-

ющих соотношениях способен разбавлять глубинные воды озера Байкал, обогащая растворенными в нем газами – азотом, водородом и метаном [12, 13].

Разработанные концептуальная схема и модели формирования природных вод (см. рис. 2, рис. 4) базируются на фактическом материале, свидетельствующем о существовании рифтогенного инверсионного «гидрогеоклина», обуславливающего уникальную устойчивую пресноводность Байкальского региона.

Заключение

Таким образом, структурно-гидрогеологические материалы (уникальная пресноводность подземной и поверхностной гидросферы, колоссальные мощности зоны пресных вод в рифтовых впадинах, инверсионность гидрогеохимических разрезов, гидротермальная деятельность, специфика микрокомпонентного и газового состава современных гидротерм, мантийные «метки», грязевый вулканизм, присутствие газогидратов, проявления углеводородов, несходи-

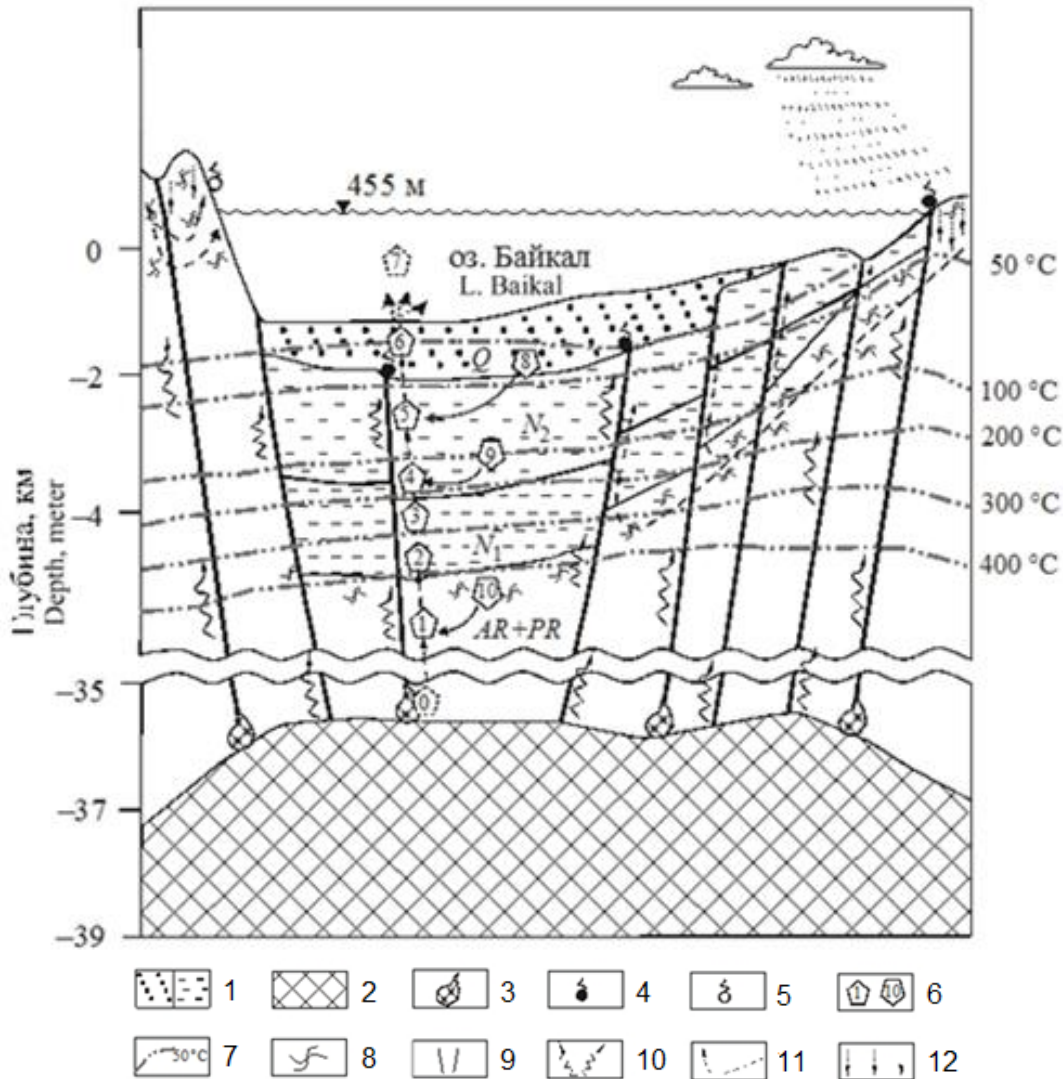


Рис. 2. Обобщенная структурно-гидрогеологическая схема физико-химической модели формирования гидросферы Байкальского рифта:

Q – полигенетические фации молассовой формации четвертичного возраста;
 N₂ – грубообломочная молассовая формация верхнего неогена;
 N₁ – тонкообломочная молассовидная формация нижнего неогена;
 AR + PR – магматические и метаморфические образования архейско-протерозойского возраста;
 1 – кайнозойские отложения; 2 – верхняя мантия; 3 – основные и ультраосновные интрузии;
 4 – современные гидротермы; 5 – естественные выходы холодных вод; 6 – резервуары термодинамической модели; 7 – изотермы; 8 – трещиноватость пород;
 9 – разрывные нарушения; 10 – направление движения мантийного флюида;
 11 – направление движения метеорных вод; 12 – атмосферное питание

Fig. 2. Generalized structural-hydrogeological scheme of the physico-chemical model of Baikal rift hydrosphere formation:

Q – polygenetic facies of the Molasse formation of the Quaternary age;
 N₂ – coarse-clastic molasse formation of the upper Neogene;
 N₁ – thin-clastic molasse formation of the lower Neogene;
 AR + PR – magmatic and metamorphic formations of the Archaean-Proterozoic age;
 1 – cenozoic deposits; 2 – upper mantle; 3 – basic and ultrabasic intrusions; 4 – modern hydrotherms; 5 – natural sources of cold water; 6 – reservoirs of a thermodynamic model;
 7 – isotherm; 8 – rock fracturing; 9 – faults; 10 – movement direction of a mantle fluid;
 11 – movement direction of a meteoric waters; 12 – precipitation feed

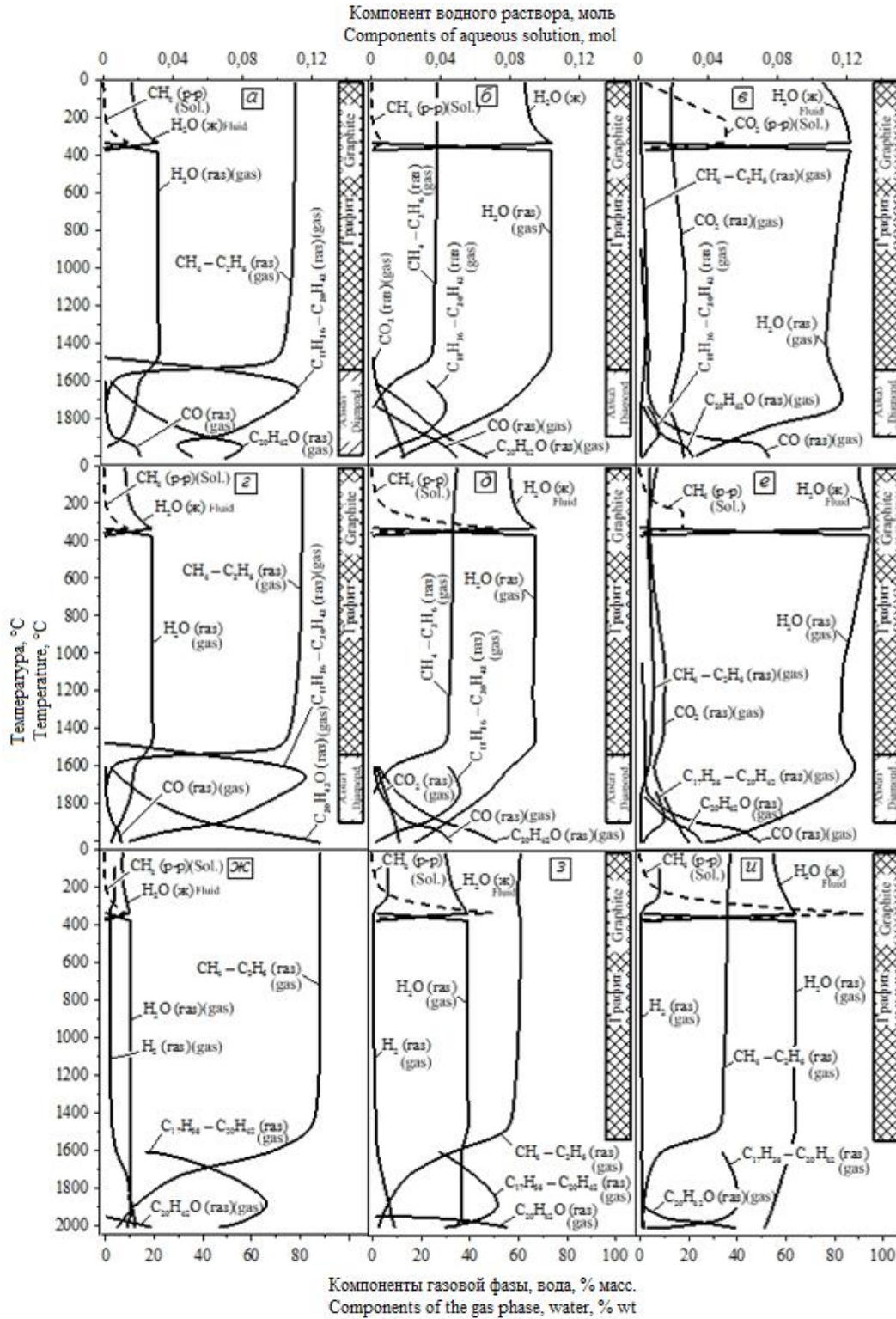


Рис. 3. Образование ювенильных вод из мантийного флюида в зависимости от исходного химического состава:
 а, б, в – $H : C = 1,8$; г, д, е – $H : C = 2,1$; ж, з, и – $H : C = 1,8$
 Содержание кислорода: а, г, ж – 0,1 моль; б, д, з – 0,5 моль; в, е, и – 1 моль
Fig. 3. Juvenile water formation from the mantle fluid depending on the initial chemical composition:
 а, б, в – $H : C = 1,8$; г, д, е – $H : C = 2,1$; ж, з, и – $H : C = 1,8$
 Oxygen content: а, г, ж – 0.1 mol.; б, д, з – 0.5 mol.; в, е, и – 1 mol

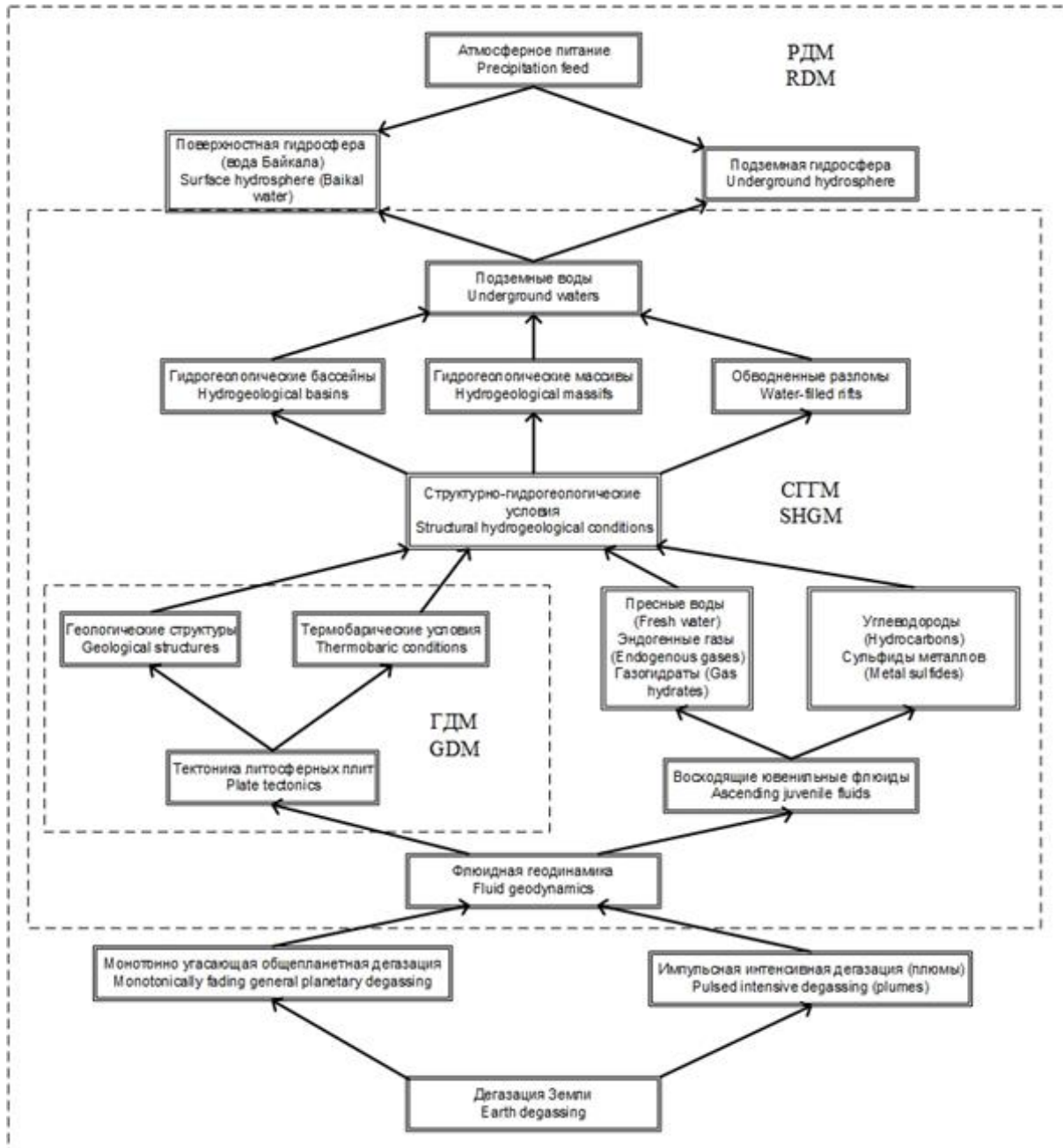


Рис. 4. Концептуальная схема и модели формирования природных вод Байкальского региона (Диденков Ю.Н., 2012):
 РДМ – резервуарно-динамическая модель; ГДМ – геодинамическая модель;
 СГГМ – структурно-гидрогеологическая модель

Fig. 4. Conceptual scheme and formation models of natural waters of the Baikal region (Didenkov Yu.N., 2012):
 RDM – reservoir dynamic model; GDM – geodynamic model;
 SHGM – structural-hydrogeological model

мость солевого баланса озера Байкал), а также результаты физико-химического моделирования свидетельствуют об участии флюидной компоненты, обеспечива-

ющей возможность существования на современном этапе кайнозойского рифтогенеза эндогенного возобновляемого источника пресных вод, обуславливающего

как пресноводность гидросферы рассматриваемого региона в целом, так и сохранение уникального состава вод рифтовых озер и продолжение в них активного эндемичного видообразования. Именно высокая устойчивая обеспеченность Байкало-Хубсугульского региона возобновляемыми экзо- и эндогенными ресурсами пресных природных вод в обозримой перспективе станет основой его экономического развития и повышения качества жизни населения.

Задачей дальнейших исследований является анализ структурно-гидрогеологических условий других регионов с современным рифтовым или палеорифтовым геодинамическим режимом развития (дивергентные границы литосферных плит) и их сопоставление с существующими в субдукционных геодинамических обстановках, где в формировании состава природных вод принимает участие рассол морской воды, которым пропитан осадочный чехол погружающейся океанической плиты.

Библиографический список

1. Актуальные вопросы современной геодинамики Центральной Азии / отв. ред. К.Г. Леви, С.И. Шерман. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. 297 с.

2. Ломоносов И.С. Геохимия и формирование современных гидротерм Байкальской рифтовой зоны. Новосибирск: Наука, 1974. 164 с.

3. Лысак С.В. Тепловой поток континентальных рифтовых зон. Новосибирск: Наука, 1988. 200 с.

4. Мац В.Д., Уфимцев Г.Ф., Мандельбаум М.М. [и др.]. Кайнозой Байкальской рифтовой впадины. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. 249 с.

5. Степанов В.М. Введение в структурную гидрогеологию. М.: Недра, 1989. 229 с.

6. Диденков Ю.Н. Структурно-гидрогеологическое районирование впадин Байкальского рифта. 2003. Известия вузов Сибири. Серия наук о Земле. Вып. 6–7. С. 121–123.

7. Вотинцев К.К., Глазунов И.В., Толмачева А.П. Гидрохимия рек бассейна озера Байкал. М.: Наука, 1965. 495 с.

8. Афанасьев А.Н. Водные ресурсы и водный баланс бассейна оз. Байкал. Иркутск, 1976. 238 с.

9. Диденков Ю.Н., Мартынова М.А.,

Пшенникова Н.А. О возможном участии ювенильных вод в питании озера Байкал // Геология, поиски и разведка полезных ископаемых. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2007. С. 67–70.

10. Диденков Ю.Н. Формирование гидросферы Байкальского региона в связи с процессами рифтогенеза // Геология, поиски и разведка месторождений рудных полезных ископаемых. 1998. Вып. 22. С. 68–77.

11. Диденков Ю.Н., Бычинский В.А., Мартынова М.А. [и др.]. Структурно-гидрогеологические основы физико-химического моделирования процессов формирования гидросферы Байкальского рифта // Известия вузов Сибири. Серия наук о Земле. 2005. Вып. 8. С. 81–100.

12. Диденков Ю.Н., Бычинский В.А., Ломоносов И.С. О возможности существования эндогенного источника пресных вод в рифтовых геодинамических условиях // Геология и геофизика. 2006. Т. 47. № 10. С. 1114–1118.

13. Диденков Ю.Н., Бычинский В.А., Чернышова З.В. Пресная вода как продукт эволюции Байкальского рифтогенеза // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия техника и технология. Курск, 2012. № 2. Ч. 2. С. 222–228.

References

1. Levi K.G., Sherman S.I. *Aktual'nye voprosy sovremennoi geodinamiki Tsentral'noi Azii* [Actual problems of modern geodynamics of Central Asia]. Novosibirsk: Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences Publ., 2005, 297 p.
2. Lomonosov I.S. *Geokhimiya i formirovanie sovremennykh gidroterm Baikalskoi riftovoi zony* [Geochemistry and formation of modern hydrotherms of the Baikal rift zone]. Novosibirsk: Nauka Publ., 1974, 164 pp.
3. Lysak S.V. *Teplovoi potok kontinental'nykh riftovykh zon* [Heat flow of continental rift zones]. Novosibirsk: Nauka Publ., 1988, 200 p.
4. Mats V.D., Ufimtsev G.F., Mandel'baum M.M. *Kainozoi Baikalskoi riftovoi vpadiny* [Cenozoic of the Baikal rift depression]. Novosibirsk: Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences Publ., 2001, 249 p.
5. Stepanov V.M. *Vvedenie v strukturnuyu gidrogeologiyu* [Introduction to structural hydrogeology]. Moscow: Nedra Publ., 1989, 229 p.
6. Didenkov Yu.N. Structural and hydrogeological zoning of Baikal rift depressions. *Izvestiya vuzov Sibiri. Seriya nauk o Zemle* [Proceedings of Siberian universities. Series: Earth Sciences]. 2003, vol. 6–7, pp. 121–123. (In Russian).
7. Votintsev K.K., Glazunov I.V., Tolmacheva A.P. *Gidrokimiya rek basseina ozera Baikal* [Hydrochemistry of Lake Baikal basin rivers]. Moscow: Nauka Publ., 1965, 495 p.
8. Afanas'ev A.N. *Vodnye resursy i vodnyi balans basseina oz. Baikal* [Water resources and water balance of the Lake Baikal basin]. Irkutsk, 1976, 238 p.
9. Didenkov Yu.N., Martynova M.A., Pshennikova N.A. *O vozmozhnom uchastii yuve-nil'nykh vod v pitanii ozera Baikal* [On possible participation of juvenile waters in Lake Baikal inflow]. *Geologiya, poiski i razvedka poleznykh iskopaemykh* [Geology, prospecting and exploration of mineral resources]. Irkutsk: Irkutsk State Technical University Publ., 2007, pp. 67–70.
10. Didenkov Yu.N. Formation of Baikal region hydrosphere in connection with rifting processes. *Geologiya, poiski i razvedka mestorozhdenii rudnykh poleznykh iskopaemykh* [Geology, Prospecting and Exploration of Ore Minerals], 1998, vol. 22, pp. 68–77. (In Russian).
11. Didenkov Yu.N., Bychinskii V.A., Martynova M.A. Structural and hydrogeological bases of physico-chemical modeling of Baikal rift hydrosphere formation processes. *Izvestiya vuzov Sibiri* [Proceedings of Siberian universities], 2005, no. 8, pp. 81–100. (In Russian).
12. Didenkov Yu.N., Bychinskii V.A., Lomonosov I.S. On the possibility of existence of an endogenous source of fresh water in rift geodynamic conditions. *Geologiya i geofizika* [Geology and geophysics], 2006, vol. 47, no. 10, pp. 1114–1118. (In Russian).
13. Didenkov Yu.N., Bychinskii V.A., Chernyshova Z.V. Fresh water as a product of Baikal rifting evolution. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya tekhnika i tekhnologiya* [Proceedings of Southwestern State University. Series: Engineering and Technology]. Kursk, 2012, no. 2, pt. 2, pp. 222–228. (In Russian).

Критерии авторства

Диденков Ю.Н., Проскурякова З.В. обладают равными авторскими правами и несут равную ответственность за плагиат.

Authorship criteria

Didenkov Yu.N., Proskuryakova Z.V. have equal authors' rights and bear equal responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 30.05.2017 г.

Conflict of interests

The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this article.

The article was received 30 May 2017