

ОТРАЖЕНИЕ НЕОТЕКТОНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПОДЗЕМНОЙ ГИДРОСФЕРЕ ВЕРХНЕГО ПРИАМУРЬЯ

А.Т. Сорокина, А.П. Сорокин, М.А. Серов

Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск

Поступила в редакцию 30 апреля 2008 г.

Приведены новые данные о неотектонических процессах, сейсмичности, дегазации недр южной части Зейско-Буреинского артезианского бассейна и их влиянии на гидрогеологические процессы. Для выявления зон повышенной проницаемости и каналов разгрузки флюидов применены гелие-метрические и атмосферические методы. В результате установлена дискретная проницаемость разрывных нарушений и приуроченность активных “дышащих” зон к узлам пересечения разломов, ограничивающих малые артезианские бассейны и внутренние гидрогеологические массивы. Рассматриваются закономерности в приуроченности к отдельным структурно-тектоническим узлам сейсмогенных зон очагов разгрузки различных типов минеральных вод. Приведено их описание и новые данные о микроэлементном составе. Отражены результаты многолетних гелиеметрических наблюдений по изучению динамики дегазации недр и флюидного режима на Константиновском месторождении минеральных хлоридных натриевых вод.

Ключевые слова: неотектоника, сейсмичность, дегазация, гелий, подземная гидросфера, минеральные воды, флюидный режим, Верхнее Приамурье.

ВВЕДЕНИЕ

Верхнее Приамурье – это сложно построенный регион с крупнейшими на Дальнем Востоке внутриконтинентальными орогенными поясами, вулканогенными зонами и обширными областями континентального осадконакопления. Северная часть его представляет собой крупное горное сооружение, известное в литературе под названием Байкало-Алданской гидрогеологической складчатой области, а южная – Амуро-Охотская гидрогеологическая область [21].

Материалы геологических и геофизических работ, гелиеметрических и сейсмологических исследований, а также результаты изучения кинематики Амурской литосферной плиты свидетельствуют о высокой активности в южной части Верхнего Приамурья неотектонических, в т.ч. сейсмических процессов. Они сопровождаются вертикальными и горизонтальными движениями, пликативными деформациями, разрывами, смещением блоков, формированием зон повышенной проницаемости. Новые данные, полученные в результате совместных исследований, проведенных сотрудниками Института земной коры СО РАН и Института геологии и

природопользования ДВО РАН с использованием GPS технологий, подтверждают активность современных движений, происходящих на восточной окраине Амурской литосферной плиты. Результаты расчетов свидетельствуют о разнонаправленных смещениях блоков относительно друг друга при различных скоростях их движения. Пункт ВЛАГ (г. Благовещенск) смещается в составе Амурской плиты в юго-восточном направлении относительно Сибирской платформы со скоростью около 5.4 мм/год, а Баджало-Буреинско-Малохинганский блок – на юго-запад относительно Северо-Китайского блока со скоростью 13.4 мм/год [13].

До последнего времени рассматриваемый регион традиционно относился к районам с землетрясениями до 5 баллов. Однако обзор материалов по российской и китайской территориям, включая Зейско-Буреинский артезианский бассейн, показывает, что в период 1980–2006 гг. произошло более 1800 землетрясений, 82 % из которых имели магнитуду 2.0–2.9, около 15 % – 3.0–3.9, а в семи случаях она составляла 6–7.5. Анализ в распределении очагов землетрясений в пределах приграничных районов России и Китая свидетельствует о том, что основные из них формируют сейсмогенные

зоны, которые контролируются трансрегиональными разломами близширотного (Намуэрхэ, Сюньхэ-Бирский), близмеридионального (Муданьцзян) и северо-восточного (Ундуршули-Синлунгоу, Нэньцзян-Селемджинский и др.) направлений [6].

Указанные процессы обуславливают блоковое строение территории, ее структурно-тектоническую, гидродинамическую и фильтрационную неоднородность. Существенная роль принадлежит флюидам, которые играют роль смазки или размягчения пород и даже принимают на себя часть геостатического давления, облегчая перемещение блоков. Этим процессам сопутствует и дегазация недр, которая отражает геотектонические и геохимические особенности проницаемых зон и способствует с участием флюидов разрядке гидродинамических напряжений через проницаемые зоны. Каналы миграции флюидов связаны с дизъюнктивными деформациями и являются очагами разрядки глубинной энергии, возникающей при неотектонических процессах, дегазации недр и землетрясениях. В процессе землетрясений усиливается динамическая напряженность и флюидная активность недр, и в этом случае дегазации недр, отводится роль регулятора сейсмического и гидродинамического режима.

Преобладающая часть сейсмических очагов локализуется в верхних слоях земной коры до глубины 10–25 км, где особенно активно подземная гидросфера участвует в механических, физико-химических, гидродинамических и других природных процессах, включая сейсмические [9, 16]. Сейсмические волны усиливают физико-химические и механические процессы и взаимодействие в системе “вода-порода-газ”. Вследствие увеличения гидродинамического напряжения и формирования избыточного напора происходит перераспределение пластовых давлений водоносных горизонтов и перетекание вод из нижних горизонтов в верхние, изменяется температурный, газовый и гидрохимический режим, увеличивается дебит самоизливающихся скважин, усиливается водообмен между гидрогеологическими системами. В то же время, активизация неотектонических процессов способствует выносу целого ряда микроэлементов, влияющих на качество питьевых вод. В эти периоды в приповерхностных горизонтах возможно появление токсичных газов и других сложных химических соединений, приводящих к чрезвычайной экологической ситуации.

Таким образом, неотектонические процессы, происходящие в земной коре, отражаются в подземной

гидросфере гидродинамическими, газовыми и гидрохимическими аномалиями, самоизливами из скважин, разгрузкой глубинных минеральных вод.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В Зейско-Буреинском бассейне изучение пространственных и временных закономерностей дегазации недр в тесной связи с разрывными нарушениями, сейсмичностью и очагами разгрузки пресных и минеральных вод проводилось на полигонах и участках с достаточно изученными геолого-структурными и тектоническими условиями, в пределах малых артезианских бассейнов, внутренних гидрогеологических массивов и зон их сопряжения.

Для выявления зон повышенной проницаемости и связанных с ними процессов дегазации был выполнен комплекс гелиеметрических и атмосферных исследований, включающих водно-гелиевое, водно-газовое опробование более 400 гидрогеологических скважин глубиной до 300 м. На участках, где гидрогеологические скважины отсутствовали, проводилось газо-шламовое опробование по профилям специально пробуренных неглубоких скважин.

Использование газового фактора для оценки раскрытости глубинных разломов обусловлено тем, что именно разломы контролируют пути движения газов из недр к поверхности земли и фиксируются аномалиями свободных, растворенных в воде и сорбированных в породах газов [10, 24]. Благодаря усовершенствованию техники газового и изотопного анализов наиболее достоверным и приоритетным индикатором глубинных процессов признается гелий [3, 7, 11, 12, 17]. Исключительная контрастность поля гелия в приповерхностных слоях гидросферы объясняется его уникальными свойствами как индикатора восходящего потока (химическая инертность, глубинные источники, подвижность, теплоемкость, низкие адсорбционные свойства и т.д.). Вследствие вышеуказанных природных особенностей, гелий дает “истинные” поля, не искаженные вторичными явлениями. Поэтому гелиеметрические исследования в общем комплексе геохимических и, в частности, атмосферных методов, основанных на изучении распределения газовых компонентов в подземной и приземной атмосфере, являются наиболее эффективными для выявления зон “открытых” разломов и степени их проницаемости.

В последнее десятилетие многими исследователями [5, 8, 18] указывается на глубинное происхождение водорода, который является продуктом магматической деятельности в районах современного вулканизма. Относительно природы метана, углекисло-

го газа и тяжелых углеводородов имеются разноречивые мнения, хотя большинство исследователей связывают их высокие концентрации с локальными проявлениями вулканизма, которые нередко контролируются глубинными дислокациями [1, 4, 14, 19]. На этом основании общепризнанный критерий “раскрытости” и проницаемости зон гелий был вполне обоснованно дополнен водородом, углекислым газом, метаном, тяжелыми углеводородами, аномальные концентрации которых выделялись при атмосферическом опробовании.

Гелиеметрические и атмосферические исследования проводились поэтапно. В начальный этап, соответствующий региональным исследованиям, выполнялось водно-гелиевое и водно-газовое опробование гидрогеологических скважин, а после получения “глубинных сигналов” по водорастворенному гелию и др. газам – профильное газо-шламовое. Определение гелия производилось на приборе ИНГЕМ-1, остальных газов – на хроматографе ЛХМ-80. Изотопные анализы (соотношения $^3\text{He}/^4\text{He}$) были выполнены во ВСЕГЕИ.

Изучение флюидодинамики глубинных процессов осуществлялось в скважине 2990 (с. Константиновка), вскрывающей хлоридные натриевые воды с минерализацией 1.5–1.6 г/дм³. В качестве основного показателя глубинных процессов, отражающих флюидодинамику в сейсмогенных зонах, был выбран также водорастворенный гелий. Наблюдения за концентрацией водорастворенного гелия проводилось с августа 1984 г. по декабрь 1998 г. с частотой 1 раз в 10 дней, а с 1 января 2001 г. по январь 2002 г. – ежесуточно. В 2001 г. в связи с возникшей чрезвычайной ситуацией, связанной с появлением газов в зданиях с. Константиновка, проводился отбор проб с определением диоксида серы, азота, формальдегида, сероводорода и аммиака на газовом анализаторе ГАНК-4 (НПО “Прибор”) после дегазации водных проб.

Учитывая, что сейсмичность является весьма существенным фактором, регулирующим дегазацию недр, полученные гелиеметрические данные за многолетний период были сопоставлены с землетрясениями, которые происходили в радиусе до 800 км от с. Константиновка и совпадали по времени с ведением гелиеметрических наблюдений. При интерпретации материалов были использованы сейсмологические исследования российских и зарубежных научных учреждений. В качестве геологической основы служила “Геологическая карта Приамурья...” [6]. Микроэлементный состав минеральных вод определялся методом масс-спектрометрии с индуктив-

но связанной плазмой на приборе JCP-MS ELAN DRC фирмы PerKin Elmer (США) в Хабаровском инновационно-аналитическом центре.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Структурно-тектоническая неоднородность Зейско-Буреинского артезианского бассейна и его гидродинамические особенности

В Зейско-Буреинском артезианском бассейне наиболее погруженные зоны (до 3500 м) выделяются в малые артезианские бассейны (Лермонтовский, Дмитриевский, Михайловский, Белогорский, Комиссаровский, Архаринский, Куприяновский и др.), а приподнятые, с неглубоким (до 300 м) залеганием пород фундамента, соответствуют погребенным гидрогеологическим массивам (Благовещенский, Гродековский, Полтавско-Ильиновский) (рис. 1). Указанные структуры ограничены долгоживущими разрывными нарушениями, среди которых наиболее значительные – структурные швы северо-восточного направления – Корсаковско-Норский, Призейский и Западно-Туранский и секущие их генеральные разломы северо-западного простирания (Горбыльский, Завитинский, Сазанковский и др.), формирующие блоковое строение территории. Локальные разрывные нарушения, хотя и имеют незначительную протяженность, также активно участвуют в гидрогеологических процессах [21].

В строении Зейско-Буреинского артезианского бассейна выделяются нижний и верхний ярусы. Нижний (поздняя юра-ранний мел) представлен комплексом вулканитов основного, среднего и кислого состава, песчаников, конгломератов и аргиллитов екатеринославской, итикутской и поярковских свит общей мощностью до 2500 м. Верхний (поздний мел-кайнозой) сложен песчаными и алевро-глинистыми породами завитинской, цагаянской, кивдинской, райчихинской, мухинской, бузулинской, сазанковской и белогорской свит, мощность которых составляет 1500–1700 м. Водоносные горизонты в вышеуказанных свитах являются напорными.

Зейско-Буреинский артезианский бассейн представляет собой многопластовую гидродинамическую систему со сложными процессами взаимосвязи водоносных горизонтов через литологические окна и разрывные нарушения. В отличие от типичных платформенных артезианских бассейнов, где пласты, как правило, хорошо выдержаны по площади и характеризуются близкими гидрогеологическими параметрами в плане, строение Зейско-Буреинского артезианского бассейна не столь упорядочено. Условия залегания основных водоносных комплексов во мно-

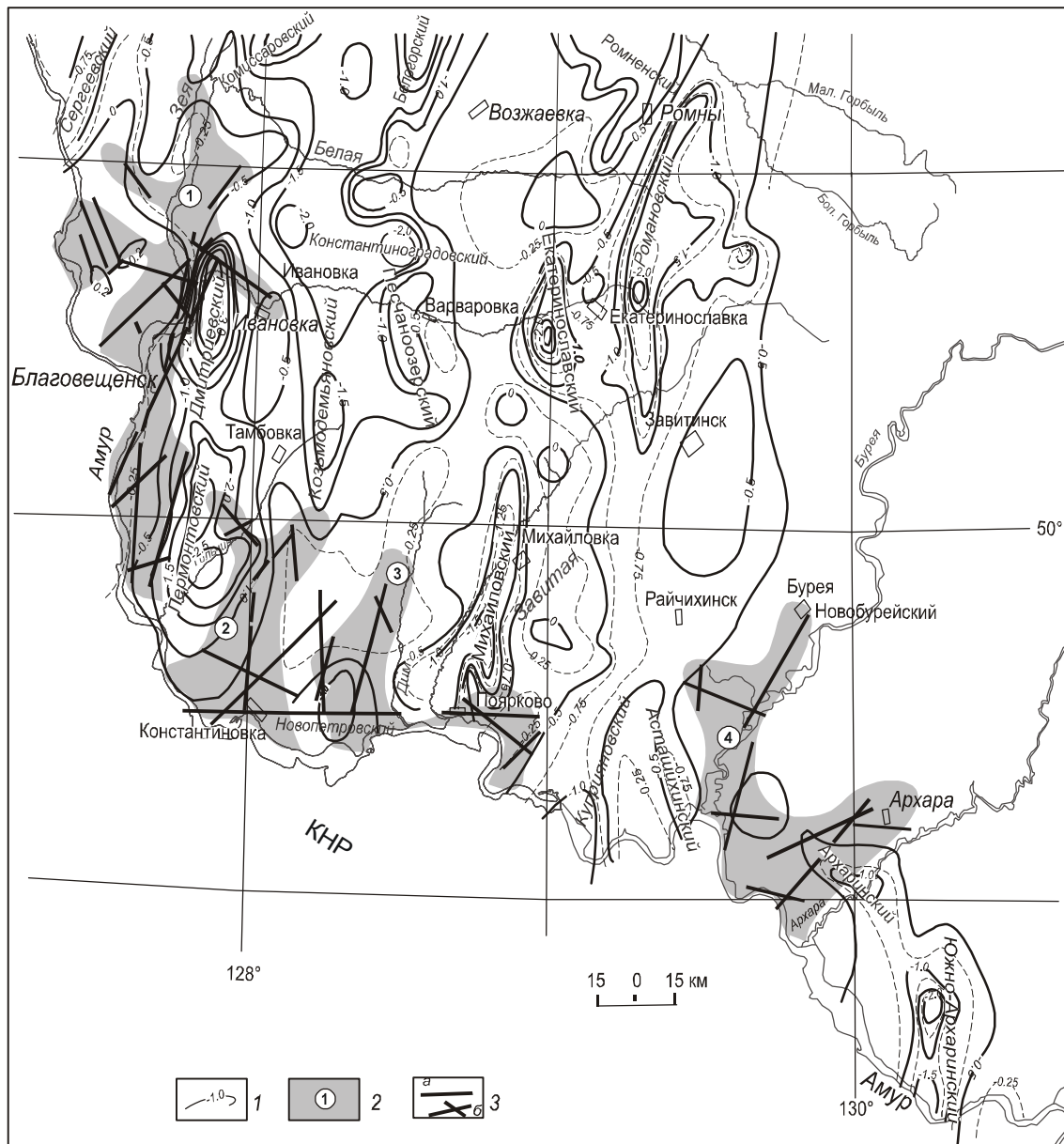


Рис. 1. Проницаемые структурно-тектонические узлы, выявленные по гелиеметрическим данным.

1 – изогипсы поверхности домезозойского фундамента, км, и названия малых артезианских бассейнов; 2 – аномальные площади распространения высоких концентраций гелия со значениями более $100 \cdot 10^{-5}$ мл/дм³ и ее номер: ① – Чигиринско-Корфовская; ② – Константиновская; ③ – Новопетровская; ④ – Архарино-Буреинская; 3 – разрывные нарушения (а), структурно-тектонические узлы (б);

гом определяются неровной поверхностью фундамента бассейна. В связи с этим, рельеф кровли изменчив по площади, области распространения водоносных горизонтов не совпадают друг с другом, наблюдается неоднородность литологического состава вмещающих пород, изменчивость их мощности и фильтрационных свойств.

Формирование напоров подземных вод в малых артезианских бассейнах обусловлено длительностью

их прогибания, сложным геотектоническим режимом, различным характером сопряжения малых артезианских бассейнов с внутренними поднятиями и частым чередованием водоносных и водоупорных пород. При асимметричном строении большинства этих структур максимальные напоры подземных вод приурочены к зонам их крутого сопряжения с разделяющими поднятиями, а минимальные – к противоположным пологим склонам бассейнов. Для бассей-

нов, имеющих симметричную форму, максимальные величины напоров отмечаются в осевых частях и достигают 1000–1500 м.

Неотектонические процессы, наиболее активно проявленные вдоль систем разломов, разделяющих малые артезианские бассейны и внутренние гидрогеологические массивы, обусловили гидродинамические особенности водоносных систем и закономерности размещения очагов разгрузки артезианских вод. Об этом свидетельствуют различные соотношения величин пьезометрических уровней водоносных горизонтов, различные уклоны и скорости движения подземных вод. Максимальные пьезометрические отметки в Архаринском бассейне характерны для водоносных горизонтов поярковской свиты нижнего мела, в Дмитриевском, Лермонтовском и Михайловском – для водоносных горизонтов цагаанской свиты. Уровни подземных вод в верхнеюрских и нижнемеловых отложениях, вскрытых на глубине около 1000 м по данным нефтепоискового бурения, устанавливаются на отметках более низких по сравнению с уровнями водоносных горизонтов верхнемелового и кайнозойского возраста.

Приведенные данные свидетельствуют о возможности перетекания подземных вод как сверху вниз, так и снизу вверх. Вместе с тем вырисовывается общая закономерность – в водоносных горизонтах, залегающих до глубины 200–300 м, создаются более благоприятные условия для движения вод вниз, а в интервале 300–1000 м – для движения вод снизу вверх (часто до самых верхних горизонтов). Движение вод более молодых отложений направлено в сторону главных дренирующих артерий – Амура и Зеи. Величина уклона пьезометрической поверхности равна в среднем для нижнемеловых и верхнемеловых горизонтов 0.001, палеоценовых – 0.0006–0.0008, олигоцен-миоценовых – 0.0025 [24].

При активизации неотектонических процессов возникает гидродинамическая напряженность водоносных систем, разрядка которой осуществляется через очаги разгрузки самоизливающихся вод. Избыточные напоры способствуют увеличению дебита самоизливающихся скважин, изменению газовых, температурных и гидрохимических показателей. Самоизливающиеся воды приурочены к зонам разрывных нарушений, ограничивающих малые артезианские бассейны, среди которых наиболее крупной дренирующей системой служит Призейский структурный шов в местах сопряжения его с оперяющими генеральными и региональными разрывными нарушениями. Самоизливы из скважин установлены также вдоль западной окраины Дмитриевского, Лермонтов-

ского, Комиссаровского и др. малых артезианских бассейнов в отложениях мелового и палеогенового возраста на глубине 150–300 м. Пьезометрические уровни здесь колеблются от 0.5 до 16 м выше поверхности земли, дебит при самоизливе – от 1 до 3 л/с (сс. Ивановка, Комиссаровка, Черемхово и др.). В Белогорском, Михайловском и Куприяновском бассейнах самоизливы из скважин почти повсеместно характерны для отложений цагаанской свиты. Пьезометрические уровни здесь колеблются от 0.5 до 16 м выше поверхности земли, дебит при самоизливе – от 1 до 40 л/с (г. Белогорск, сс. Михайловка, Арсентьевка, Ново-Чесноково и др.).

Приведенные данные свидетельствуют о сложном водообмене артезианских вод, залегающих на различных глубинах, в котором сочетаются латеральное движение из гидрогеологических массивов к наиболее погруженным частям артезианских бассейнов и вертикальная разгрузка подземных вод через литологические окна и разрывные нарушения.

Тектонический контроль процессов глубинной дегазации

Результаты гелиеметрических и атмосферических исследований, проведенных в южной части Зейско-Буреинского артезианского бассейна, свидетельствуют о дискретном размещении зон повышенной проницаемости. Есть основания полагать, что значительная часть разломов характеризуется чередованием активно “дышащих” зон и пассивных участков. Проницаемые зоны с концентрациями водорастворенного гелия от $1500 \cdot 10^{-5}$ мл/дм³ до $45000 \cdot 10^{-5}$ мл/дм³ (при фоне $71.7 \cdot 10^{-5}$ мл/дм³) установлены в Призейском, Западно-Туранском структурных швах, Лермонтовско-Белогорской зоне и местах их сопряжения с поперечными разломами, где формируют аномальные площади (Чигиринско-Корфовская, Константиновская, Ново-Петровская и Архарино-Буреинская) (рис. 1). Среди них наиболее крупной является Константиновская, расположенная в пределах пограничной с КНР территорией, совпадающая с Сюньхэ-Бирским разломом, в которой концентрации водорастворенного гелия достигают $74600 \cdot 10^{-5}$ мл/дм³. Проявлены в аномалиях гелия и участки крутого сопряжения Дмитриевского, Ново-Петровского, Архаринского, Лермонтовского и др. малых артезианских бассейнов с Благовещенским, Гродековским и Полтавско-Ильиновским погребенными гидрогеологическими массивами. На этих участках установлены также высокие значения растворенного в воде водорода, равные $800 \cdot 10^{-4}$ – $1100 \cdot 10^{-4}$ мл/дм³ при фоне $10 \cdot 10^{-4}$ мл/дм³. В Благовещенском и Гродековском гидрогеологических мас-

сивах, частично перекрытых маломощным чехлом осадков, участки интенсивной дегазации фиксируются по результатам профильного газо-шламового опробования аномалиями сорбированного в породах водорода с концентрациями от 380 до 628 см³/кг, углекислого газа – от 50 до 100 см³/кг. В зоне сопряжения Михайловского и Архаринского малых бассейнов в структурно-тектонических узлах наряду с водородом отмечаются высокие концентрации метана (более 3000·10⁻⁴ см³/кг).

Рассматривая в целом картину газового поля, следует отметить дифференцированный характер в распределении высоких концентраций газов и четкие закономерности в их приуроченности к разрывным нарушениям, ограничивающим гидрогеологические массивы и малые артезианские бассейны. Эти данные подтверждают современную активность зоны сопряжения гидрогеологических массивов и артезианских бассейнов, важность структурно-тектонических узлов в глубинных гидрогеологических процессах. Помимо этого, полученные результаты свидетельствуют также о том, что разрывные нарушения северо-восточного и близмеридионального простирания характеризуются наиболее высокой проницаемостью в узлах пересечения их с разломами северо-западного направления. На таких участках возникают узловы структуры нередко сквозного типа, по которым происходит интенсивная дегазация недр и миграция природных флюидов, генетически связанных с глубинными горизонтами Земли.

Очаги разгрузки минеральных вод – маркеры проницаемых глубинных зон

Выходы минеральных вод приурочены к зонам высокой сейсмической активности с землетрясениями более 6 баллов, либо к узлам пересечения разрывных нарушений. Нередко выходы минеральных вод прослеживаются прерывистой цепочкой по сейсмоактивным зонам значительной протяженности либо по фрагментам кольцевых структур.

В южной части Верхнего Приамурья (включая КНР) наиболее крупные сейсмогенные зоны приурочены к системам разломов близширотного (Намуэрхэ, Сюньхэ-Бирский), близмеридионального (Муданьцзян), северо-восточного (Ундуршули-Синлунгоу, Нэньцзян-Селемджинский, Дэду-Даань-Белогорский, Танлу) направлений. В их пределах, в узлах пересечения разрывов северо-восточного и близширотного направлений формируются структуры сквозного характера, нередко очагового типа, где, за счет разрядки гидродинамических напряжений, создаются благоприятные условия для восходящей разгрузки минеральных вод [20]. На рассматриваемой террито-

рии распространены минеральные воды следующих генетических типов: азотные термы (Кульдурские, Тырминские, Быссинские), углекислые холодные (Удалянчи в КНР, Гонжинские), азотные хлоридные натриевые (Константиновские) (рис. 2).

Азотные термы

Очаг разгрузки термоминеральных вод, известный как *Быссинское месторождение*, расположен в 68 км к востоку от ст. Февральск, на юго-западном борту грабена, заложенного вдоль одноименного разлома на палеозойском кристаллическом основании Туранского гидрогеологического массива [24]. Быссинский разлом представлен мощной (10–45 м) крутопадающей (80°) зоной дробления, которая в узле пересечения указанного нарушения с разрывом северо-западного направления имеет открытую или полуоткрытую форму, способствующую поступлению термоминеральных вод с глубины. Разгрузка термоминеральных вод осуществляется субвертикально по зонам дробления и повышенной трещиноватости с последующим растеканием по площади. Термоминеральные воды образуют купол эллипсоидной формы и зону растекания в перекрывающих четвертичных аллювиальных отложениях вдоль долины р. Быссы. Термоминеральные воды с температурой 10–46°С вскрыты скважинами на глубине от 37 до 195 м под плиоцен-нижнечетвертичными аллювиальными отложениями на площади небольшого блока (около 0.56 км²) интрузивных пород. Водоносность характеризуется удельным дебитом скважин от 0.29 до 17.1 л/с. Непосредственно в зоне, выводящей термальные воды на поверхность, растворенные в воде газы представлены водородом 0.4–0.6 %, азотом 78–79 %. Концентрация водорастворенного гелия составляет 1175·10⁻⁵ мл/дм³. Для свободных газов характерно увеличение азота до 98.2 %, метана до 0.2–0.3 %, углекислого газа до 0.6 %. По составу воды гидрокарбонатные с минерализацией 0.2–0.33 г/дм³, содержанием кремнекислоты 55–80 мг/дм³, фтора 7.5–9.5 мг/дм³. Микроэлементный состав представлен в таблице 1. Повышенные концентрации (мкг/дм³) характерны для лития (63), бора (144), вольфрама (28), ртути (2.8), стронция (61).

Кульдурские термальные источники расположены в долине руч. Кульдур, левого притока р. Бира, берущего начало с восточных склонов Малого Хингана. Термовыводящая зона связана с узлом пересечения Хинганского разлома северо-восточного простирания с широтным Амурским (Сюньхэ-Бирским) тектоническим нарушением. Естественные выходы терм, приуроченные к гранитам, наблюдаются на площади 150×150 м (“термальная площадка”). На ос-

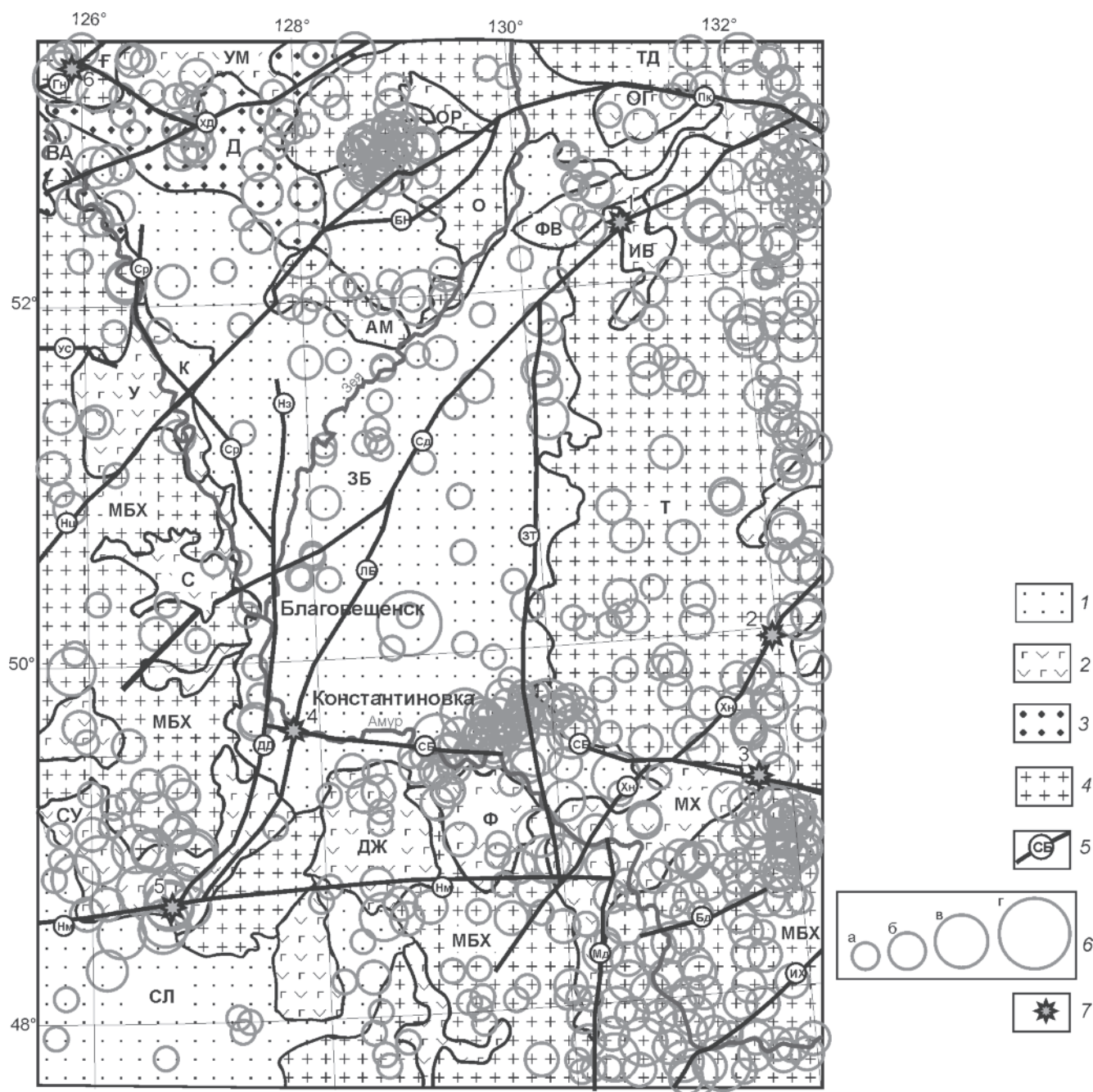


Рис. 2. Очаги разгрузки минеральных вод в сейсмогенных зонах Верхнего Приамурья и прилегающих территорий.

1 – артезианские бассейны: ЗБ – Зейско-Буреинский, СЛ – Сунляо; 2 – вулканогенные бассейны: в РФ: УМ – Умлеканский, ОР – Орловский, ОГ – Огоджинский, ИБ – Иса-Быссинский, ФВ – Февральский, У – Ушаковский, К – Корсаковский, С – Сергеевский, МХ – Малохинганский; в КНР: СУ – Суньский, ДЖ – Джанхинский, Ф – Фужевский; 3 – адбассейны: Д – Делский, ВА – Верхнеамурский; 4 – гидрогеологические массивы: Т – Туранский, МБХ – Малого и Большого Хингана, Г – Гонжинский, О – Октябрьский, АМ – Амуро-Мамынский; 5 – основные разломы (Геологическая карта ..., 1999): Пк – Пауканский, СБ – Сюньхэ-Бирский, Нм – Намуэрхэ, Бд – Биджанский, Ср – Среднеамурский, ЗТ – Западно-Туранский, Мд – Муданьцзянский, УС – Ундуршули-Синлунгоу, ХД – Хумахэ-Делский, Нц – Нэньцзян, Ск – Синкайлин, Сд – Селемджинский, ДД – Дэду-Даань, ЛБ – Лермонтовско-Белогорский, Нз – Нижнезейский, Хн – Хинганский, ИХ – Ишу-Харпийский, Гн – Гонжинский, БН – Буссе-Норский; 6 – очаги землетрясений, проявленные с 1964 г. по 2004 г., с магнитудами: $2 \leq M \leq 2.9$ (а), $3 \leq M \leq 3.9$ (б), $4 \leq M \leq 4.9$ (в), $5 \leq M \leq 5.9$ (г); 7 – очаги разгрузки минеральных вод. Азотные термы: Быссинские (1), Тырминские (2), Кульдурские (3); холодные азотные хлоридные натриевые воды Константиновские (4); холодные углекислые воды: Удалянчи (5), Гонжинские (6).

Таблица 1. Микроэлементный состав минеральных вод. Масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой, Прибор: ICP-MS Elan DRC II PerkinElmer (США) ХИАЦ, Хабаровск, (мкг/дм³).

Химический элемент	Термальные		Углекислые		Азотные хлоридные натриевые
	Быссинские	Кульдурские	Гонжинские	Удалянчи, (от–до)	Константиновские
Li	63.667	238.404	401.137	31.157–33.696	38.071
Be	0.004	0.217	0.429	0.121–0.170	0.001
B	144.580	238.795	23.598	31.332–33.468	313.028
Al	50.984	36.007	13.282	12.442–15.796	17.159
Sc	4.854	13.629	4.140	11.859–12.331	1.257
Ti	0.894	0.387	1.338	1.889–2.042	3.170
V	0.122	0.244	0.140	< 0.001	2.991
Cr	0.795	6.946	63.349	4.958–13.192	0.664
Mn	1.075	13.219	338.843	3833.500–6753.360	22.109
Fe	50.890	112.614	6373.850	13693.800–14495.600	97.913
Co	0.018	<0.001	0.514	35.794–45.348	0.053
Ni	0.339	0.050	7.360	62.697–113.957	0.978
Cu	3.389	1.585	5.503	7.867–10.283	16.524
Zn	19.259	8.216	23.076	55.714–62.936	16.118
Ga	2.205	8.629	0.012	0.436–0.649	0.011
Ge	2.666	8.930	0.097	< 0.001–0.009	0.164
As	0.168	108.014	0.593	0.453–1.241	4.237
Se	1.315	0.142	0.256	< 0.001–0.705	13.929
Rb	6.690	28.946	38.283	7.735–12.770	2.009
Sr	61.323	78.489	1682.110	893.877–1581.700	437.034
Y	0.016	0.078	1.011	0.120–0.299	0.010
Zr	0.049	0.739	9.157	1.339–11.435	0.012
Nb	0.014	<0.001	< 0.001	0.353–1.244	<0.001
Mo	10.971	23.822	0.096	2.922–4.649	70.612
Ag	0.115	<0.001	0.142	< 0.001	0.424
Cd	0.039	0.023	< 0.001	0.080–0.105	0.181
Sn	0.359	<0.001	0.226	< 0.001–0.131	0.073
Sb	0.010	1.465	0.233	0.128–0.700	0.009
Cs	2.147	26.876	0.968	< 0.001–0.007	0.079
Ba	1.842	11.855	249.287	228.046–383.204	58.591
La	0.036	<0.001	0.108	0.127–0.226	0.007
Ce	0.056	<0.001	0.179	0.267–0.483	0.015
Pr	0.109	<0.001	0.016	< 0.001–0.021	0.095
Nd	0.017	<0.001	0.125	0.078–0.156	0.004
Sm	0.004	<0.001	0.022	< 0.001–0.012	0.001
Eu	0.001	<0.001	0.006	< 0.001	0.002
Ta	0.059	0.014	0.015	< 0.001	<0.001
W	27.845	164.844	0.040	0.237–0.530	0.396
Hg	2.749	13.788	0.070	< 0.001	0.113
Tl	0.001	<0.001	< 0.001	< 0.001	<0.001
Pb	0.247	<0.001	0.674	0.170–0.679	0.016
U	0.014	<0.001	0.123	1.929–4.751	<0.001

тальной территории они вскрываются скважинами глубиной до 150 м с дебитом от 0.2 до 1.05 л/с и температурой воды от 30 до 72°C. Отдельные скважины обладают самоизливом, пьезометрический уровень устанавливается выше поверхности земли (от +1.58 м до +1.73 м). Общий дебит всех скважин при самоизливе 15 л/с. Минеральные воды Кульдурских источников относятся к азотным высокотермальным (72°C), слабоминерализованным (0.3–0.4 г/дм³), щелочным (РН – 9.3). Из катионов характерны натрий + калий, из анионов – гидрокарбонаты. Содержание фтора 16–22 мг/дм³, кремнекислоты – 70 мг/дм³. Из

газов преобладает азот (99.5 %). Обнаружены следы сероводорода, метана, водорода. Микроэлементный состав представлен в таблице 1.

Тырминские минеральные источники находятся в аналогичной с вышеприведенными месторождениями тектонической и сейсмогенной обстановке. Очаг разгрузки термальных вод расположен на левом берегу р. Тырма, в 11 км ниже устья р. Яурин и приурочен к трещиноватым гранито-гнейсам. Температура воды источника 36.8° С, дебит – 3 л/с. Минерализация воды 0.2 г/дм³. Состав воды гидрокарбонатный, натриевый, содержание кремнекислоты до 60 мг/дм³

и фтора до 4.5 мг/дм³. Среди газов присутствуют: азот (99.4 %) и сероводород (0.6 %). По материалам Н.М. Богаткова [2], из микроэлементов наиболее характерны (в мкг/дм³) алюминий (0.5–1.7), марганец (0.0017–0.051), никель (0.0017), титан (0.051), молибден (0.001), медь (0.003), стронций (0.015), барий (0.015), ванадий (0.017), цинк (0.017–0.051).

Кроме указанных термальных источников, на юге Верхнего Приамурья имеются сведения о наличии на западных склонах Туранского хребта, в верховьях рр. Томь и Ульма, теплых вод с аналогичными гидрохимическими характеристиками, связанных с сейсмогенными зонами северо-восточного направления, секущими Туранский гидрогеологический массив.

Углекислые холодные воды

На рассматриваемой территории они относятся к типу дарасунских нарзанов и характеризуются низкой температурой (ниже 10°C), минерализацией 1.5–3.2 г/дм³, повышенным содержанием в воде железа (до 41.3 мг/дм³) и кремнекислоты (до 90 мг/дм³). Реакция среды слабокислая. Из анионов преобладают гидрокарбонаты, из катионов – кальций и магний. Микроэлементный состав довольно разнообразен [24, 25].

Наиболее ярким примером холодных углекислых вод являются *источники Удалянчи*, расположенные в КНР на северной окраине рифтогенной впадины Сунляо. Они связаны с современной вулканической деятельностью и высокой сейсмической активностью. В указанном районе на площади более 800 км² находятся 14 вулканогенных кратеров, сложенных базальтами, туфами, туфобрекчиями, сформировавшихся в результате извержений в 1717–1721 гг. Неотектоническая активность территории обусловила сложный тектонический каркас, состоящий из разрывных нарушений близширотного (система Намуэрхэ), северо-восточного (система Дэду-Даань) и северо-западного направлений. Указанные разломы являются сейсмогенными с магнитудой землетрясений 4.3–5.1, 10–14 энергетического класса с глубиной очага до 20 км. Наиболее активно они были проявлены в 1985, 1986, 1988, 2001 гг.

К узлу пересечения указанных разломов приурочена разгрузка минеральных вод с температурой от 3 до 8°C, газифицирующихся углекислотой, содержание которой составляет 1200–1356 мг/дм³. Состав вод гидрокарбонатный. Из катионов преобладают кальций и магний. Магний присутствует в количестве 40–75, железо 8.9–41.3, кремнекислота 62–84 мг/дм³. Минерализация колеблется от 0.8 до 3.1 г/дм³. Микроэлементный состав представлен в таблице 1. Из

микроэлементов, превышающих фоновые концентрации, наиболее характерны (в мкг/дм³): барий (228–383), марганец (3833–6753), стронций (893–1581) и др. По результатам изотопных исследований газов, выполненных в научных институтах России и Китая, установлено, что углекислота преимущественно глубинного происхождения [25].

На российской территории Верхнего Приамурья весьма показательным является сеймотектоническая позиция *Гонжинского месторождения углекислых вод*. Район этого месторождения приурочен к зоне сопряжения Южно-Тукурингского шва и Ундуршули-Синлунгоу-Аргунской системы северо-восточного простирания. Сейсмическая активность рассматриваемой территории определяется положением ее в области взаимодействия двух крупнейших в Верхнем Приамурье сейсмогенных зон: Амазаро-Джагдинской и Большехинганской, в пределах которых известны землетрясения высоких энергетических классов. Наиболее высокая сейсмическая активность указанного района была проявлена в семидесятые-восемидесятые годы прошлого столетия в виде подновляемых очагов землетрясений глубиной до 20 км с магнитудой 4.2–5.1 и 11–13 энергетическим классом. Месторождение расположено в долине руч. Кислый на юго-восточной окраине одноименного массива, сложенного протерозойскими метаморфическими и интрузивными образованиями, прорванными раннемеловыми интрузиями и субвулканическими телами [24]. Основным структурным элементом месторождения является надвиг вдоль контакта пород докембрия и раннемеловых гранитоидов. К этой ослабленной структуре приурочены минеральные холодные гидрокарбонатные углекислые воды. Удельный дебит скважин составляет 0.03–0.2 л/с. Минерализация воды – до 3.2 г/дм³. Содержание железа до 11.5 мг/дм³, кремнекислоты до 90 мг/дм³. В составе газов преобладает углекислота (99 %). Из микроэлементов (табл. 1) выделяются (мкг/дм³) литий (401), стронций (1682), барий (249).

Азотные хлоридные натриевые воды

Минеральные воды указанного типа приурочены к Амурской (Сюньхэ-Бирской) сейсмогенной зоне близширотного направления в местах ее пересечения с разломами северо-восточного (Лермонтовско-Белогорский, Дэду-Даань) и близмеридионального (Западно-Туранский) направлений. Они вскрыты скважинами в 110 км от г. Благовещенск, в с. Константиновка на глубине 150–200 м и связаны с зонами тектонической раздробленности андезитов и долеритов раннемелового возраста [24]. Очаги землетрясений глубиной до 20 км (12–13 энергетического

класса) и магнитудой 4.3–5.1, зафиксированные южнее с. Константиновка на территории КНР, а также в междуречьях Завитая-Бурея и Бурея-Архара, в последние годы активизировались.

На основании интерпретации геофизических материалов по району с. Константиновка установлено, что рисунок разрывных нарушений отражает общий линеamentный каркас, характерный для Зейско-Буреинского артезианского бассейна с четко выраженными системами северо-восточного, широтного и северо-западного направлений. Указанные нарушения различны по кинематике, глубине заложения, степени подвижности и проницаемости, что в целом обуславливает сложное микроблоковое строение территории, чередование приподнятых и опущенных блоков.

Указанная высокая подвижность блоков и неоднородное строение региона обусловили формирование структурно-тектонических узлов повышенной проницаемости, с которыми связаны очаги разгрузки минеральных хлоридных натриевых вод с минерализацией 1.5–1.6 г/дм³ в андезитах, андезибазальтах и долеритах поярковской свиты (скв. 2990). Здесь к зонам повышенной трещиноватости вышеуказанных пород в интервалах 62–72.5 м, 93–100 м, 125–138 м, 150–160 м, 160–170 м, 178–190 м приурочены минеральные воды с дебитом 1.3 л/с. Температура воды 8°C, реакция среды слабощелочная (рН 7.6–8.2). В воде из биологически активных компонентов присутствуют (мг/дм³) кремниевая (17.7–26) и борная (3.2–5.8) кислоты, бром (3–3.5), йод (0.2–0.8), органический углерод (2.9–3.5), фтор (0.4–1.5). Газовый состав минеральных вод представлен азотом (до 74 %), кислородом (19 %), углекислым газом (5.5 %), аргоном (0.98 %), метаном (0.01 %). Концентрация водорастворенного гелия достигает 74600·10⁻⁵ мл/дм³. По результатам изотопных исследований, выполненных во ВСЕГИНГЕО, соотношение ³He/⁴He составило (4.01±0.02)·10⁻⁸, что отвечает радиогенному гелию, но не противоречит представлению о возникновении его в глубинных слоях Земли. Из широкого спектра микроэлементов, представленных в таблице 1, повышенные концентрации (мкг/дм³) характерны для бора (313.1), селена (13.9), мышьяка (4.2), бария (58), стронция (437).

Флюидный режим в очагах разгрузки минеральных вод

Исследования, проведенные в процессе изучения дегазации недр в различных регионах России, показали, что динамика газового потока меняется в пространстве, во времени, под влиянием тектоничес-

ких, геодинамических нагрузок, активизации сейсмических процессов [15, 22, 23].

Изучение динамики дегазации и флюидного режима недр проводилось на протяжении 10 лет в гидрогеологической скважине 2990 глубиной 204 м в с. Константиновка, вскрывающей трещинно-жильные напорные минеральные воды с минерализацией 1.5–1.6 г/дм³, где была выявлена высококонтрастная гелиевая аномалия. В результате проведенных работ был установлен значительный диапазон изменения концентраций гелия от 1500·10⁻⁵ до 74600·10⁻⁵ мл/дм³, что позволило их дифференцировать (с некоторой долей условности) по значениям в мл/дм³: низкие (1500–6500·10⁻⁵), средние (6500–20000·10⁻⁵), высокие (20000–30000·10⁻⁵) и очень высокие (30000–750000·10⁻⁵). В поведении газового потока отмечалось чередование импульсивного и слабовыраженного колебательного характера дегазации. За период наблюдений с 1986 по 1998 г. в радиусе 800 км от с. Константиновка было зафиксировано, по международным данным, 23 землетрясения с магнитудой от 2.4 до 5.7 и энергетическим классом 9.4–13.3, большая часть из которых была приурочена к узлам пересечения разломов системы Танлу, Намуэрхэ, Муданьцзян и др., расположенных как на территории России, так и КНР. Время проявления землетрясений в большинстве случаев соответствовало пикам резкого спада-подъема концентраций гелия. Резкий подъем концентрации гелия до 48600·10⁻⁵ мл/дм³ в октябре 1998 г. совпал с повторными землетрясениями в вышеуказанных сейсмогенных зонах, что привело к интенсивной дегазации недр и явилось причиной появления в отдельных зданиях с. Константиновка газов, ухудшающих здоровье населения [13].

Указанная чрезвычайная ситуация обусловила необходимость ведения в 2001 г. на Константиновском полигоне геоэкологического мониторинга, который включал изучение динамики не только водорастворенного гелия, но и токсичных газов (диоксида серы, азота, формальдегида, сероводорода и аммиака), отбор которых осуществлялся ежедневно. Постановка указанных работ в суточном режиме на протяжении всего 2001 г. предусматривала установление цикличности в поведении водорастворенного гелия, корреляции его с токсичными газами и проявлениями сейсмичности.

В обобщенном виде по результатам полученных ежесуточных наблюдений в 2001 г. четко выделяются 3 периода: I – с 4 января по 26 июня – характеризуется средними и высокими концентрациями гелия (до 31754·10⁻⁵ мл/дм³); II – с 28 июня по 3 сентября – низкими (не выше 6431·10⁻⁵ мл/дм³); III – с 4 сентября по

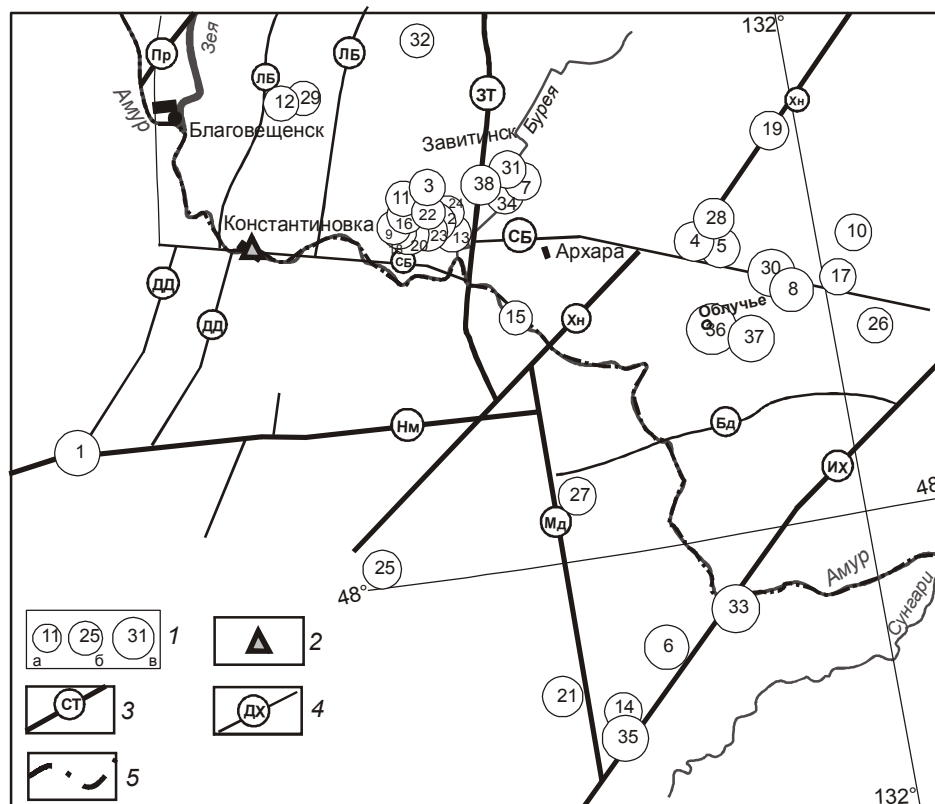


Рис. 3. Схема сейсмической активности Верхнего Приамурья в 2001 г. – в период ведения гелиеметрических наблюдений на Константиновском полигоне.

1 – эпицентры землетрясений в 2001 г. с магнитудами: $2.4 \leq M \leq 3.0$ (а), $3.1 \leq M \leq 3.5$ (б), $3.6 \leq M \leq 4.2$ (в), проявленными в 2001 г. – в период ведения гелиеметрических наблюдений и их номера по таблице; 2 – пункт гелиеметрических наблюдений; 3 – основные разломы (Геологическая карта ..., 1999): Пр – Призейский, Нм – Намуэрхэ, Мд – Муданьцзянский, Хн – Хинганский, ИХ – Ишу-Харпийский, ЗТ – Западно-Туранский; 4 – второстепенные разломы: Бд – Биджанский, ДД – Дэду-Даань, СБ – Сюньхэ-Бирский, ЛБ – Лермонтовско-Белогорский; 5 – граница РФ.

23 декабря 2001 г. – высокими и очень высокими (более $30000 \cdot 10^{-5}$ мл/дм³). Концентрации токсичных газов в воде в течение годового цикла наблюдений изменялись в пределах: диоксид азота от 0.0 до 23.1 мг/м³, диоксид серы от 0.0 до 4.88 мг/м³, аммиак от 0.0 до 1.57 мг/м³, формальдегид от 0.013 до 3.44 мг/м³, сероводород от 0.0 до 0.286 мг/м³.

В начале первого периода (март 2001 г.) отмечалось значительное увеличение в воде содержания диоксида азота, формальдегида и аммиака, в апреле произошел резкий аномальный выброс диоксида азота (до 23.1 мг/м³), формальдегида (до 3.44 мг/м³) и аммиака (до 1.2 мг/м³). Концентрации гелия в эти дни имели тенденцию к снижению и не превышали $7000\text{--}10000 \cdot 10^{-5}$ мл/дм³.

Во второй период, соответствующий аномально низким концентрациям гелия ($1885 \cdot 10^{-5}$ мл/дм³ – $4900 \cdot 10^{-5}$ мл/дм³), содержания формальдегида, диоксида азота снижаются до полного исчезновения, а

концентрация диоксида серы возрастает до максимальных значений 2001 г. (4.88 мг/м³), которая сохранялась до начала резкого увеличения гелия.

В третий период, когда концентрация водородостворенного гелия возрастает до значений $63000 \cdot 10^{-5}$ мл/дм³ и для его поведения характерны импульсивные спады-подъемы, содержание диоксида серы постепенно снижается, значения диоксида азота и формальдегида сохраняются низкими, а концентрации аммиака достигают 0.7 мг/м³.

В 2001 г. в радиусе до 300 км по сейсмическим данным произошло 38 периодически подновляющихся землетрясений с магнитудой от 2.4 до 3.7 и энергетическим классом 7.3–10.5, приуроченных к сейсмогенным разломам близширотного направления (Сюньхэ-Бирскому, Намуэрхэ), к узлам пересечения Сюньхэ-Бирского и Западно-Туранского разломов близмеридионального простирания и Сюньхэ-Бирского с Хинганским и Ишу-Харпийским разлома-

Таблица 2. Сопоставление результатов гелиметрических наблюдений в скважине 2990 с сейсмологическими данными за 2001 г.

№ эпицентра землетрясения	Дата	Широта	Долгота	Магнитуда	Класс	Концентрация гелия, $n \cdot 10^{-5} \text{ мл/дм}^3$
1	07.01.01	48.69	126.22	3.30	9.4	18000
2	13.01.01	49.63	129.40	2.56	7.3	17000
3	20.01.01	49.8	129.34	2.69	7.5	18000
4	22.01.01	50.49	132.30	3.00	7.4	15120
5	24.01.01	49.37	131.34	3.13	8.2	20000
6	31.01.01	47.54	130.54	3.50	9.2	9828
7	03.02.01	49.77	130.00	3.30	7.8	17136
8	08.02.01	49.1	131.80	3.50	9.1	11592
9	10.02.01	49.65	129.09	2.44	7.1	12096
10	13.02.01	49.33	132.33	3.10	7.6	15100
11	16.02.01	49.77	129.17	2.56	7.3	16380
12	20.02.01	50.29	128.35	3.10	7.3	11345
13	23.02.01	49.67	129.46	2.81	7.7	17136
14	23.02.01	47.3	130.15	2.88	7.8	17136
15	27.02.01	49.18	129.83	2.50	7.2	8316
16	05.03.01	49.69	129.16	2.81	7.7	21780
17	06.03.01	49.13	132.16	2.69	7.5	23200
18	06.03.01	49.61	129.10	2.50	7.2	23200
19	09.03.01	49.76	131.74	3.70	8	24100
20	19.03.01	49.6	129.17	3.50	8.4	23923
21	20.03.01	47.39	129.77	3.25	8.4	24190
22	26.03.01	49.74	129.34	2.38	7	28728
23	27.03.01	49.63	129.37	3.06	8.1	21672
24	28.03.01	49.69	129.31	2.44	7.1	23436
25	28.03.01	47.97	128.35	3.00	8	23436
26	28.03.01	48.88	132.35	2.56	7.3	23436
27	29.03.01	48.32	130.06	2.88	7.8	17640
28	04.04.01	50.84	132.60	3.60	8.4	23184
29	10.04.01	50.32	128.54	2.44	7.1	12096
30	11.04.01	49.2	131.70	3.50	9.76	18270
31	18.04.01	49.82	129.99	3.70	7.8	16380
32	21.04.01	50.67	129.20	2.40	7	11340
33	24.04.01	47.66	131.03	4.20	9.9	22680
34	27.04.01	49.73	129.90	2.81	7.7	15625
35	19.05.01	47.15	130.18	3.60	9.6	18200
36	25.08.01	48.97	131.22	3.70	10.5	4940
37	14.09.01	49.47	131.95	3.70	9	35490
38	05.10.01	49.76	129.73	3.70	8.3	33000

ми северо-восточного направления (рис. 3). Концентрация гелия в периоды землетрясения изменялась от 4940 до 35490 мл/дм³ (табл. 2). Наиболее высокая плотность очагов землетрясений в 2001 г. приходилась на Бурейский и Архаринский районы Амурской, пограничную территорию с Еврейской автономной областью и КНР.

Химический состав минеральных вод за весь период наблюдений был также непостоянен во времени и весьма чувствителен к изменению гидродинамической обстановки и сейсмической активности недр. Изменения концентраций установлены практически для всех анионов и катионов. Диапазон изменений составляет в мг/дм³: HCO₃⁻ – 43.9–73.2; Cl – 860–923; SO₄²⁻ – 37–89; Na⁺ – 561–647; Ca²⁺ – 23–36; Mg²⁺ – 0–7.3; Fe – 0.2–0.5; NH₄⁺ – 1.0–2.1; CO₂ – 2.1–

66.5; минерализация – 1470–1701, водородный показатель – 6.5–8.2. В периоды, которые характеризовались сейсмической активностью, импульсивным снижением и повышением концентрации водоразтворенного гелия, резкие колебания отмечались для сульфатов, хлоридов, аммония и минерализации. Реагировал на изменение гидродинамической обстановки и растворенный углекислый газ, коррелируя прямой зависимостью с сульфатами и водородным показателем. Особенно это характерно для периода активизации очагов землетрясений в сентябре-октябре 1998 г. (район Удалянчи в КНР), проявленных на расстоянии 170 км от с. Константиновка.

Результаты микроэлементного анализа по наблюдаемой скважине свидетельствуют о том, что в периоды активизации глубинных процессов происхо-

дит импульсивный вынос бора, брома, стронция, серебра, золота, цинка, рубидия, бария, свинца, фтора, лития, кремнекислоты. Несмотря на их невысокие концентрации, они указывают на увеличение доли участия флюидов глубинного происхождения в неотектонических процессах.

Постоянные наблюдения за изменением уровня воды в скважине 2990 не проводились. Однако, имеются данные об эпизодических импульсивных снижениях уровня минеральных вод в периоды сейсмической активности до 7–8 м и фоновых колебаниях от 0.2 до 0.4 м. Восстановление уровня во всех случаях происходило в течение одних суток.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенные данные свидетельствуют о том, что южная часть Верхнего Приамурья в настоящее время является сейсмически активной с чередованием периодов активизации и затишья, отражая в целом цикличность и закономерную синхронность как сейсмических, так и гидрогеологических процессов. Флюидодинамика недр, прослеженная в процессе десятилетних наблюдений на Константиновском месторождении азотных хлоридных натриевых вод в разные периоды сейсмической активности, отражает сложное взаимодействие природных факторов в подвижной системе “вода – порода – газ”, влияющих на вынос глубинных флюидов через проницаемые зоны. Под действием сейсмических волн, генерируемых очагами землетрясений, характер движения подземных вод становится пульсационным, а колебания уровня, температуры, газовых и сейсмических показателей – закономерными. Это постоянство следует принимать как особенности флюидного режима сейсмических зон, а циклический характер – как отражение связи с глобальными природными явлениями. Среди них сейсмичность активизирует формирование каналов для разгрузки глубинных потоков, дегазация обеспечивает разрядку гидродинамических напряжений, а подземная гидросфера служит главным резервуаром накопления и разбавления флюидных компонентов.

Флюидная концепция взаимосвязи неотектонических и гидрогеологических процессов позволяет глубже познать природные явления, их цикличность, экстремальные ситуации и возможные экологические последствия, возникающие при активизации неотектонических процессов. Указанные проблемы весьма актуальны для исследуемого региона и требуют дальнейшего изучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адушкин В.В. Источники и потоки метана // Дегазация

- Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть и газ: Материалы Междунар. конф. памяти акад. П.Н. Кропоткина, 20-24 мая 2002 г., г. Москва. М.: ГЕОС, 2002. С. 12–13.
2. Богатков Н.М. Минеральные источники Приамурья // Сборник статей по специальной гидрогеологии Сибири и Дальнего Востока. Иркутск: Кн. изд-во СО АН СССР, 1962. Вып. I.
 3. Булашевич Ю.П., Башорин В.Н. О приуроченности высоких концентраций гелия к пересечению разрывных нарушений // Докл. АН СССР. 1971. Т. 201, № 4. С. 840–842.
 4. Валяев Б.М. Углеводороды и жизнь: жизнь на потоках углеводородных флюидов // Дегазация Земли: Геофлюиды, нефть и газ, парагенезисы в системе горючих ископаемых: Тез. докл. Междунар. конф. Москва, 30-31 мая – 1 июня 2006 г. М.: ГЕОС, 2006. С. 71–73.
 5. Войтов Г.И. К проблемам водородного дыхания Земли // Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть и газ: Материалы Междунар. конф. памяти акад. П.Н. Кропоткина. М.: ГЕОС, 2002. С. 24–30.
 6. Геологическая карта Приамурья и сопредельных территорий. 1 : 2 500 000. Объясн. зап. / Гл. ред. Л.И. Красный. СПб. – Благовещенск – Харбин, 1999. 135 с.
 7. Герлинг Э.К., Толстихин И.Н., Мамырин Б.А. и др. Новые исследования изотопной геохимии // Труды I Международного геохимического конгресса. М.: ГЕОХИМ, 1971. Т. 1. С. 200–216.
 8. Гилат А., Вол А. Дегазация первичного водорода и гелия: упущенный основной источник энергии внутренних процессов Земли // Дегазация Земли: геофлюиды, нефть и газ, парагенезисы в системе горючих ископаемых: Тез. докл. Междунар. конф. Москва, 30-31 мая – 1 июня 2006 г. М.: ГЕОС, 2006. С. 83–84.
 9. Киссин И.Г. Подземные воды и сейсмические процессы // Подземные воды и эволюция литосферы: Материалы Всесоюз. конф. М.: Наука, 1985. Т. II. С. 302–306.
 10. Корценштейн В.Н. Отбор глубинных проб пластовых вод и их дегазация // Отбор проб и анализ природных газов нефтегазоносных бассейнов. М.: Недра, 1985. С. 65–76.
 11. Кропоткин П.Н. Динамика земной коры // Проблемы глобальной тектоники. М.: Наука, 1973. С. 78.
 12. Мамырин Б.А., Толстихин И.Н. Изотопы гелия в природе. М.: Энергоиздат, 1981.
 13. Мирошниченко А.И., Саньков В.А., Лухнев А.В. и др. Современные деформации на Константиновском GPS-полигоне (Нижнезейская впадина как фактор формирования катастрофических природных процессов) // Современная геодинамика и опасные природные процессы в Центральной Азии. Иркутск: ИЗК СО РАН-ИрГТУ, 2004. С. 163–169.
 14. Обжиров А.И. Потоки метана из литосферы в гидросферу и атмосферу в регионе Охотского моря и суши Приморья // Дегазация Земли: Геофлюиды, нефть и газ, парагенезисы в системе горючих ископаемых: Тез. докл. Междунар. конф. Москва, 30-31 мая – 1 июня 2006 г. М.: ГЕОС, 2006. С. 189–194.
 15. Осика Д.Г. О динамике флюидов в сейсмически активных областях // Дегазация Земли и геотектоника. М.: Наука, 1980. С. 135–141.
 16. Пиннекер Е.В. Вода и экзогенные геологические процессы // Подземные воды и эволюция литосферы: Материалы

- Всероссийский конф. М.: Наука, 1985. С. 151–158.
17. Писарский Б.И., Брандт С.Б., Брандт И.С., Рассказов С.В. Изотопы He и Ar в подземной гидросфере Монголо-Байкальского региона (гидрохронометрический аспект) // Подземная гидросфера: Материалы Всерос. совещ. по подземным водам востока России. Иркутск: Изд-во ИрГУ, 2006. С. 350–353.
 18. Поляк Б.Г. Изотопы He в подземных флюидах Байкальского рифта и его окружения // Русский журн. наук о Земле. 2000. Т. 2. № 2.
 19. Сворень И.М., Наумко И.М. Роль разных форм водорода и углерода в природных процессах: новый взгляд на происхождение углеводородов // Материалы Междунар. конф. памяти акад. П.Н. Кропоткина, 20-24 мая 2002 г., г. Москва. М.: ГЕОС, 2002. С. 241–243.
 20. Сорокина А.Т. Минеральные воды Верхнего Приамурья // Гидрогеология и геохимия вод складчатых областей Сибири и Дальнего Востока: Сб. материалов совещ. 11–15 сент. 2003. Владивосток : ДВО РАН, 2003. С. 50–59.
 21. Сорокина А.Т. Гидрогеологические системы Верхнего Приамурья. Владивосток: Дальнаука, 2005. 167 с.
 22. Хитаров Н.И., Войтов Г.И., Лебедев В.С. О геохимических предвестниках землетрясений // Поиски предвестников землетрясений на прогностических полигонах. М.: Наука, 1974. С. 165–170.
 23. Якуцени В.П. Динамика современной дегазации Земли по данным гелиево-изотопного критерия // Дегазация Земли и геотектоника. М.: Наука, 1980. С. 49–54.
 24. Яницкий И.Н. Гелиевая съемка. М.: Недра, 1979. 96 с.
 25. Chudaev O., Chudaeva V., Kharitonova N. et al. Composition and origin of CO₂-rich waters of the Russian Far East (Primorye) and NE China // Water – Rock Interaction: Proceedings of the 12th International symposium. London: Taylor and Francis Group, 2007. V. I. P. 489–492.

A.T. Sorokina, A.P. Sorokin, M.A. Serov

The reflection of neotectonic processes in the subsurface hydrosphere of the Upper Priamurye

New data are offered on neotectonic processes, seismicity and degassing in the interior part of the Zeya-Bureya artesian basin's southern part, and their effect on hydrogeologic processes is shown. To define zones of increased permeability and channels of fluid discharge, heliometrical and atmochemical methods were applied. As a result, we established discrete permeability of rupture dislocations and confinement of active "breathing" zones to fault intersection junctions; incidentally, these faults bound small artesian basins and internal hydrogeologic massifs. Regularities of confinement of seismogenic zones of discharge centers of different-type mineral waters to certain structural-tectonic knots are considered. Their description and new data on microelement composition are also given. The paper gives the results of many years long heliometric observations aimed at a study of the dynamics of the earth's interior degassing and of fluid regime at the Konstantinovka deposit of mineral chloride-sodic waters. The relationship between the obtained results and seismic activity is established.

Key words: neotectonics, seismicity, degassing, helium, subsurface hydrosphere, mineral waters, fluid regime, Upper Priamurye.