

ИЗУЧЕНИЕ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОХИМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ В ПРЕДЕЛАХ СЕЙСМОАКТИВНЫХ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ РЕГИОНОВ – ОСНОВА ДАЛЬНЕЙШЕГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕОРИИ ПРАКТИКИ ПРЯМЫХ МЕТОДОВ ПОИСКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

*Осика Д.Г., Черкашин В.И.
Институт Геологии ДНЦ РАН*

Расширение минерально-сырьевой базы территории любой страны немыслимо без усиления как прикладных, так и теоретических исследований в области наук о Земле, в том числе – в области геологии нефти и газа, включая их поисковый аспект. Для повышения достоверности информации о перспективах нефтегазоносности регионов и локальных структур необходимо предусматривать более широкое и эффективное использование гидрогеологических, геохимических и геофизических методов прямого прогнозирования залежей.

Наиболее актуальна эта проблема для геодинамически активных областей, в которых динамика флюидов на больших глубинах, тектоническое строение и развитие, сейсмические явления и другие процессы (грязевой вулканизм, интенсивный тепловой поток, разгрузка горячих глубинных вод и газов и т.д.) сильно усложняют задачи поисков и разведки нефтяных и газовых месторождений. В то же время только в пределах бывшего Советского Союза перспективные на нефть и газ территории с проявлениями сейсмичности очень велики. Они включают в себя Предкавказье и Закавказье, всю среднюю Азию, южный Казахстан, Прибайкалье и Забайкалье, громадные территории Восточной Сибири (Непский и Мирненский своды) и дальнего Востока (Северо- и Южно-Сахалинский, Западно- и Центрально-Камчатский, Олюторский, Паропольский и др. нефтегазоносные бассейны).

Поэтому изучение условий формирования и разрушения геохимических и гидрогеологических аномалий в пределах сейсмически активных областей и сопредельных территорий представляется чрезвычайно актуальной научной проблемой, от решения которой зависит дальнейшее совершенствование прямых геохимических и гидрогеологических методов поисков месторождений нефти и газа в этих регионах.

Опыт реализации данной проблемы в пределах нефтегазоносных бассейнов Предкавказья и в других сейсмоактивных регионах показал, что в каждом сейсмоактивном регионе следует выяснить:

1. Особенности формирования гидрогеологического режима геохимического фона, т.е. динамику, химизм и масштабы фоновой дегазации, водного и солевого стока с поверхности сейсмоактивных нефтегазоносных бассейнов (НГБ) между сейсмическими событиями, в периоды сейсмической активизации и в периоды длительного сейсмического затишья;

2. Особенности динамики образования и разрушения, геохимических и гидрогеологических и др. аномалий в зависимости от параметров землетрясений (энергии, глубины очагов и эпицентральных расстояний) на макро-, микро- и изотопном уровнях;

3. Оценить роль и значение экзогенных (лунно-солнечные приливы в земной коре, ход барометрического давления, атмосферных осадков и др.) и эндогенных (сейсмичность, гидротермальная активность, грязевой вулканизм и др.) факторов, определяющий флюидный режим сейсмически активных регионов,

4. Ориентировочно оценить масштабы субвертикальной дегазации, солевого и водного стока недр сейсмоактивных областей в обменный бассейн;

5. Разработать модель формирования геохимических, гидрогеологических, геотермальных аномалий в сейсмически активных областях и оцепить возможности практического ее использования при поисках месторождений нефти и газа;

б. Выяснить возможности использования закономерностей формирования геохимических и гидрогеологических аномалий в пределах сейсмоактивных областей и их обрамлений для прогнозирования места, силы и времени тектонических землетрясений.

Решение указанных задач опиралось на почти 50-летние результаты личных наблюдений авторов за флюидным режимом Северного Кавказа, а также на литературные и фондовые работы многих отечественных и зарубежных авторов; на Кавказе – М.Н. Смирновой, Ф.Г. Дадашева, И.С. Гулиева, А.И. Фрийдмана, Е.В. Стадника, М.К. Курбанова, С.А. Каспарова, Г.И. Войтова, Т.А. Золотовицкой, В.С. Лебедева, Б.М. Валяева, И.Н. Яницкого, В.П. Карпова, В.А. Игумного, М.И. Кучера, Л.Д. Пруцкой и др.; на территории Средней Азии – А.Н. Султанходжаева, В.И. Уломова, А.И. Спиридонова, В.Л. Барсукова, Г.М. Варшал, П.И. Чалова, Т.В. Тузовой, В.М. Алехиной, В.Н. Крат, А.Б. Останова, Т. Аширова, А.У. Абдуллаева и др.; в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке – Е.В. Пиннекера, С.Л. Зубайраева, Л.М. Зорькина, К.Х. Кильметова и др.

Широко использованы также обобщения: В.И. Вернадского, П.И. Хитарова, Л.М. Зорькина, Г.И. Войтова, В.П. Якуцени, И.А. Кротовой, В.Н. Корценштейна, А.В. Щербакова, Е.К. Мархинина, А.Л. Карцева, И.В. Высоцкого, Ф.А. Алексеева, И.С. Старобинца, А.В. Петухова, И.Г. Киссина, Г.С. Вартаняна, Д.В. Куликова и мн. других.

В основу решения поставленных задач легло:

1. изучение геохимических, гидротермальных и гидрогеологических эффектов при сильных землетрясениях Северного Кавказа имевших место за последние 40-50 лет,

2. создание сети станций режимных наблюдений - (мониторинга) за динамикой химического состава подземных вод, спонтанных и растворенных газов, дебитов и температуры вод из скважин и восходящих газифицирующих минеральных источников в наиболее сейсмически активных районах Дагестана,

3. изучение гидрогеодинамического, геохимического (гидрогеохимического и газового), геотермального, гидротермального фона, включавшего определение величины внутрисуточных и длительных устойчивых вариаций химического состава подземных вод и газов, их температурных флюктуаций и дебитов,

4. определений фоновой плотности - (модуля) субвертикальных потоков газов, воды и подземного солевого стока, с поверхности сейсмоактивных регионов в обменный бассейн,

5. изучение закономерностей изменения химического состава флюидов, их дебитов и температуры на разных стадиях формирования сейсмических событий в зависимости от энергетического класса землетрясений, глубины очагов и эпицентральных расстояний,

6. оценка абсолютного прироста к фону масштабов подземного газового, солевого и водного стока в обменный бассейн в связи с сейсмичностью недр,

7. исследование вариаций изотопного состава газов и вод, в связи с сейсмичностью недр,

8. статистическая обработка материалов исследований.

Судя по тому, что пространственная совмещенность областей повышенной сейсмичности (в том то числе – палеосейсмичности) и нефтегазоносности, проявляется в глобальном масштабе, из этого следует, что между указанными двумя столь не похожими явлениями первого порядка существует определенная связь, которой вытекает важность изучения роли сейсмичности как в процессах нефтегазообразования и формирования скоплений углеводородов так и в разрушении последних. Сказанное частично гармонирует с высказываниями классиков нефтегазовой геологии и органической геохимии: И.М. Губкина, А.Ф. Добрянского, Н.Б. Вассоевича, В.А. Соколова, В.А. Успенского и других исследователей, которые подчеркивали значение роли тектогенеза в процессах нефтегазообразования. [1, 2 и др.] Однако под этим они имели в виду лишь процессы поэтапного преобразования рассеянного органического вещества – РОВ в микронепть под влиянием роста пластовых температур и давлений, по мере погружения субаквальных осадочных толщ на глубину – (начальная, главная и последующие

фазы нефтегазообразования, по Н.В.Вассоевичу), а также первичную миграцию углеводородов из нефтематеринских свит в коллекторы. Первичную миграцию они связывали лишь со сменой знака тектонических движений с погружения на воздымание. И только этой по сути умоглядной и механической констатацией процессов ими ограничивалась роль тектогенеза в нефтегазообразовании и формировании залежей углеводородов. Роли сейсмичности в этих процессах классиками геологии нефти и органической геохимии не уделялось никакого внимания. А роль разломной тектоники вообще игнорировалась. Что касается последней, то это вполне понятно, поскольку в основе минеральной гипотезы происхождения нефти лежит субвертикальная миграция ювенильных газов по глубинным разломам, как исходных продуктов для нефтеобразования (по Н.А. Кудрявцеву, Г.Н. Доленко, А.И. Кравцову и мн. других), в соответствии с реакцией Фишера-Троппа и последующей полимеризацией и конденсацией углеводородов. Что собственно и лежало в основе непримиримых разногласий между двумя ортодоксальными направлениями в проблеме происхождения нефти. Что касается сейсмичности, то нам до сих пор не понятно почему она в свое время не стала объектом пристального внимания классиков органической геохимии и геологии нефти для изучения ее влияния на процессы преобразования РОВ в осадочном чехле и на миграцию флюидов в земной коре, Ведь совершенно очевидно, что любые проявления тектогенеза, будь то прогибание земной коры или ее воздымание тангенциальные подвижки и т. д. происходят под неперенным аккомпанементом землетрясений. А это ведь прежде всего выделение громадных объемов энергии, которая как раз необходима для свершения эндотермических реакций в процессе преобразования РОВ в микронепть. Не говоря уже о том, что в связи с сейсмичностью миграция флюидов в земной коре возрастет на один - два порядка величины во времени и пространстве относительно фоновых значений в периоды длительного сейсмического затишья, что не может не сказываться на процессах формирования и разрушения месторождений нефти и газа и соответственно самых разных аномалий.

Эта проблема сдвинулась с места лишь после первых наших публикаций о быстротечности сейсмо-геохимических процессов и их региональности. [3-7 и др.], когда в большой серии работ, выполненных под руководством Н.В. Черского, О.Л. Кузнецова, В.П.Царева, С.К. Николаева и др. стала очевидной решающая роль механо-химических преобразований РОВ осадочных пород, динамичность и быстротечность миграции флюидов в земной коре под влиянием физических аномалий (механических, ультразвуковых, геоэлектрических, геомагнитных и др.) под воздействием сейсмичности нефтегазоносных бассейнов [8,9 и др.].

Последнее означает, что при разработке методов прямых геохимических и гидрогеологических поисков месторождений нефти и газа необходимо учитывать сейсмичность как один из факторов во многом определяющий процессы нефтеобразования, формирования и разрушения залежей углеводородов, и, соответственно, геохимических и гидрогеологических аномалий.

Разработка прямых геохимических методов поисков месторождений нефти и газа началась с 1929 г., когда проф. В.А. Соколовым был предложен метод «газовой съемки», и его разновидности, М.В. Абрамовичем - «газовый каротаж», Г.А. Могилевским - «газокаротажная съемка», В.Э. Левенсоном - «окислительно-восстановительный потенциал», В.А. Ковдой и П.С. Славиным - «почвенно-генетический показатель», В.А. Сулиным - «гидрогеохимический и гидрогеологический методы», Г.А. Могилевским и З.И. Кузнецовой - «биохимический метод», Е.В. Стадником гидрогазобиохимическая съемка по придонным водам речных и озерных систем [15]. А нам представляется что последняя может пригодится и для аналогичных съемок по дну шельфа морей и океанов. В то же время были предложены и косвенные гидрогеологические критерии нефтегазоносности Н.К.Игнатовичем и М.А.Гатальским - «градиент минерализации» (10),

«бромный показатель» В.А. Кроптовой [11], ими же «хлор-бромный показатель», М.С. Гуревичем - «гелий - аргоновый коэффициент» [12], Д.Г. Осика «возрастной» и «азотный показатели» [13], В.Н. Корценштейном, Л.М. Зорькиным, М.В. Мирошниковым, И.С. Старобинцем, и др. по химическому составу и упругости водорастворенных газов, концентрации нафтеновых кислот и фенолов в пластовых водах.

До начала 80-х гг. прошлого столетия все усилия по разработке и практическому использованию прямых геохимических и гидрогеологических методов поиска залежей нефти и газа характеризованы крайне низкой эффективностью. Авторы этих методов объясняли все неудачи, главным образом несовершенством химико-аналитической аппаратуры применяемой для съемок, и отчасти недостаточной разработкой теоретических основ геохимических методов. Косвенные же методы оценки перспектив нефтегазоносности локальных структур перечисленных выше довольно успешно использовались в практике геологоразведочных работ, в большинстве НРБ нашей страны. Несмотря на то, что со второй половины 60-х гг. в практику геохимических поисков начала внедряться высокочувствительная хроматографическая аппаратура особого рывка в результативности прямых поисков месторождений нефти и газа не произошло.

Все эти неудачи нами объясняются, прежде всего, недостаточной к тому времени изученностью генетической сущности процессов формирования геохимических, гидрогеологических и геотермальных аномалий в опорных горизонтах и приповерхностных отложениях земной коры, а также в нижних слоях атмосферы над промышленными скопления углеводородов на глубине, несмотря на применение во время съемок высокочувствительной и прицеливаемой аппаратуры (до 6-5 знака), с помощью которой геохимические аномалии иногда фиксировались. Но нередко их наличие не подтверждалось при повторных съемках. Дело иногда доходило до курьезов заключающихся в обвинениях геохимиков в недобросовестности (подтасовках и фальсификациях результатов съемок) со стороны производителей. Истинная картина такого рода неудач выяснилась значительно позднее, которая заключается в иллюзорности самого существования геохимических аномалий подобно иллюзорности существования самих очагов тектонических землетрясений. Они, то есть, то их нет! Сущность этого явления будет нами последовательно раскрываться по ходу дальнейшего изложения данной работы.

Более эффективнее обстояло дело с внедрением в практику геолого-разведочных работ метода газокаротажной съемки и особенно в сочетании ее с косвенными гидрогеологическими и геохимическими критериями нефтегазоносности гидрогеологических комплексов и горизонтов в геологических разрезах локальных структур. Но это ведь вторая – дополнительная стадия определения нефтегазоносности уже разбуриваемых или разбуренных локальных структур, а не поиски с нулевого цикла геолого-разведочных работ на новых территориях потенциально НГБ.

Наконец последний этап (с 1974 до настоящего времени) разработки геохимических и гидрогеологических поисков залежей нефти и газа характеризуется усилиями по дальнейшему совершенствованию метода и его опробованию в различных регионах страны. Он знаменуется открытием «явления парагенеза субвертикальных зонально-кольцевых геофизических, геохимических и биохимических полей». Сущность этапа состоит в системном подходе к изучению (РОВ), газов и природных процессов, построений теории геохимического поля концентрации газов с позиций целостности, структурности, иерархичности и взаимосвязанности свойств и структуры полей и минеральной среды, в которой они формируются, диагностика природы аномальных полей по комплексу геохимических показателей. (Л.М. Зорькин, И.С. Старобинец, А.В. Петухов, Е.В. Стадник и др.) Однако, многие вопросы миграции, аккумуляции и рассеивания УВ в осадочном чехле остаются невыясненными. В то же время, в пределах Кавказа, Средней Азии и Дальнего Востока наблюдается формирование геохимических и гидрогеологических аномалий в приповерхностных отложениях над месторождениями нефти и газа в связи

с сейсмичностью недр. Быстротечность таких аномалий и масштабы явления не только не укладываются в рамки существующих представлений о формах миграции флюидов и формирования геохимических аномалий, но вносят в них весьма существенные коррективы, имеющие важное теоретическое и практическое значение. Стало ясно, что только привлечение данных о флюидном режиме сейсмически активных областей и их обрамлений открывает новые перспективы дальнейшего развития и повышения эффективности геохимических поисков нефти и газа (ГПНГ).

Все вышеизложенное явилось обоснованием для постановки комплексного анализа гидрогеодинамических эффектов в связи с сейсмичностью недр и их влияния на формирование геохимических аномалий.

Несмотря на то, что о сейсмогидрогеологических эффектах было известно давно, их систематическое изучение в Средней Азии началось только после Ташкентского землетрясения 1966 г. (В.И. Уломов, А.Н. Султанходжаев и др.), а на Северном Кавказе – авторами и, М.Н. Смирновой после Гудермесских (1950-1955 гг.), Касумкентского (1966 г.) и Дагестанского (14 мая 1970 года) землетрясений.

По результатам личных режимных наблюдений за динамикой подземных вод при Дагестанском (1970 г.), Анапском и Касумкентском (1966 г.), Гудермесских (1950-1955 гг.), Пятигорских (1946, 1973 гг.), Сочинском (1970), Салатаусском (1974 г.), Буйнакском, Избербашском и Кабирском (1975), Черногорском (1976), Гашином (1988), а также «техногенных» землетрясений в области Дагестанского клина при заполнении водохранилища Чиркейской ГЭС, а также изучение фондовых материалов в связи с сильными землетрясениями случившимися за последние 40-50 лет на Северном Кавказе, и анализа литературных материалов с связи с сильными сейсмическими событиями в различных сейсмоактивных регионах мира установлены следующие особенности гидрогеологического режима сейсмически активных регионов:

1. Гидрогеодинамические эффекты в виде колебаний дебитов и уровней флюидов в скважинах и источниках характеризуются глобальным распространением и имеют место не только в связи с сильными и катастрофическими, но и средней силы землетрясениями.

2. В случаях сильных сейсмических событий ($K \geq 14$) Гидрогеодинамические эффекты наблюдаются не только в плейстосейстовой области, а приобретают региональный характер. Так, при Дагестанском землетрясении 1970г. ($M=6,7$) гидрогеологические и геохимические аномалии наблюдались к западу от его эпицентра в пределах локальных структур Чечено-Ингушетии (100-150 км) и Минераловодческого выступа (250 км), к северу - в Прикумской нефтегазоносной области (250-300 км), к востоку - в пределах Восточной и Западной антиклинальных зон Южного Дагестана (50-200 км) и к югу - во многих минеральных источниках Нагорного Дагестана, вплоть до Главного Кавказского хребта (100-200 км).

3. Величины и продолжительность ареалов распространения гидрогеодинамических эффектов находятся в нелинейной зависимости от энергии землетрясений. Так, при прочих равных условиях (глубины гипоцентров, особенности тектонической структуры региона и т.д.) радиусы ареалов распространения гидрогеологических и геохимических аномалий при землетрясениях $K=13-14$ не превышают 60-100 км. Для $K=15$ они составляют 150-200км, для $K=16$ они достигают 200-250 км, а для $K=17$ (Газлийские землетрясения) – 1000 и более км. (см. рис. 1 и 2 в главе по энергетике сейсмичности).

4. Гидродинамические эффекты не только сопровождают землетрясения, но и предшествуют им. Так, Анапскому землетрясению 1966 г. ($K=14$), Дагестанскому 1970г. ($K=16$), Салатаусскому 1974 г. ($K=14$), Черногорскому 1976 г. ($K=15$) и др. сильным землетрясениям Кавказа предшествовали (за несколько недель до событий) резкие колебания дебитов нефти, газа и воды в скважинах минеральных источниках в пределах всего ареала распространения гидрогеологических аномалий, а непосредственно перед Дагестанским землетрясением 1970 г. (за 1-3 дня) во многих скважинах Избербашского, Гаши, Селли и др. газо-нефтяных месторождений

наблюдалось падение дебитов флюидов. То же самое наблюдалось на Ахтырско-Бугундырском, Холмском, Абино-Украинском и др. нефтегазовых месторождениях перед Анапским землетрясением 1966 г.

5. Особенности тектонического строения сейсмоактивных регионов накладывают существенный отпечаток на динамику флюидов, именно:

а) подземные водно-газовые системы в зонах разломов, разрывов и повышенной трещиноватости более чувствительны к сейсмическим воздействиям по сравнению с водно-газовыми системами вдали от нарушений. Например, дебит нефти из скв. 58, пробуренной в зоне разлома на Эльдаровской площади, вследствие Дагестанского землетрясения 1970 г. возрос с 3300 до 4330 тонн/сут., а дебиты нефти из скв. 42, 45 и 62, пробуренных на крыльях складки, упали. Такие же эффекты имели место на нефтяных и газовых месторождениях в Селли, Гаша, Избербаш, Шамхал-булак, на Ново- и Старо-Грозненских площадях, в Гудермесе, Брагунах и даже на Колодезной и Правобережной площадях Прикумской зоны поднятий, т.е. на расстоянии 250 км от эпицентра землетрясения;

б) наиболее сильно гидрогеодинамические эффекты проявляются во флюидообильных скважинах и источниках.

6. В подземных водно-газовых системах, заполняющих коллекторы трещино-кавернозного типа (известняки верхнего мела и сульфатно-карбонатные породы верхней юры в пределах Предкавказья), гидрогеодинамические эффекты носят импульсный и ступенчатый характер. Это объясняется поэтапной мобилизацией флюидов (нефти, газа и воды) из закрытых пор, трещин, крупных полостей и локальных зон повышенной трещиноватости по мере роста напряжений в очаговых зонах землетрясений, а также нарастания интенсивности процессов разрушения пород. Дебиты скважин и источников, дренирующих коллекторы пористо-гранулярного типа (песчаники третичных отложений в Предкавказье), в большинстве своем изменяются плавно.

7. Дебиты флюидов из скважин и источников в связи с землетрясениями изменяются по-разному, однако в большинстве случаев сейсмическим событиям предшествует их падение. Например, дебит нефти из скв. 139 на Абино-Украинской площади за месяц до Анапского землетрясения 1966 г. упал с 30 до 15 м³/сутки, в день землетрясения он увеличился до 80 м³/сутки. На Холмской площади дебит нефти из скв. 503 за неделю до толчка снизился с 6 до 4 м³/сут. В связи с Дагестанским землетрясением 1970 г. за трое суток до сейсмического удара дебит воды из скв. 13 в Избербаше снизился на 15 м³/сут, а нефти с 2,5 до 1,8 м³/сут. Перед Буйнакским землетрясением 1975 г. (K=14) дебит газоконденсата из скв. 222 на Махачкалинском месторождении (в 45 км от эпицентра) уменьшился с 63 до 52 м³/сут, а воды с 13 до 8 м³/сут. По-видимому, последнее связано с эмиграцией больших масс флюидов из перенапряженных коллекторов в образовавшиеся дополнительные емкости (разломы, разрывы и зоны трещиноватости), непосредственно перед землетрясением что, по-видимому, является эмпирическим подтверждением явления дилатансии и лавинообразного трещинообразования в моделях Д-Д и ЛНТ. Собственно сейсмический удар в большинстве случаев сопровождается резким возрастанием дебитов флюидов.

Одновременно с этим на конкретных примерах некоторых землетрясений (Дагестанского 1970 г. и др.) проведен анализ геохимических процессов в подземных водно-газовых системах и оценено их влияние на формирование геохимических аномалий в верхних структурных ярусах осадочного чехла.

Прежде всего, газогеохимический фон сейсмоактивных регионов не остается стабильным во времени. Его неоднородности обусловлены уровнем сейсмической активности недр, а также приливными явлениями в земной коре и, по-видимому, ходом параметров экзогенного происхождения (атмосферного давления, солнечной инсоляции, влажности и др. параметров).

Показано, что контрастность газогеохимических аномалий четко проявляется не только в пределах плейстосейстовых областей сильных землетрясений, но и на территории всего ареала их распространения. При сильных и катастрофических землетрясениях ареалы распространения геохимических аномалий принимают региональный характер.

Во-первых, нижние слои атмосферы (надпочвенный воздух) обогащаются компонентами глубинного происхождения: водородом (до 0,04%), гелием (до $10^{-3}\%$), метаном (до $1,4 \cdot 10^4\%$) и др. газами (табл. 1).

Во-вторых, воды верхних водоносных горизонтов и воды минеральных источников также обогащаются компонентами глубинного происхождения: хлоридами щелочных металлов (на 400-600%), кремневой и метаборной кислотами (на 200-500%), бромом, ртутью, мышьяком и другими микроэлементами (в 10-100 и более раз) (табл. 2) относительно фоновых значений.

В-третьих, наибольшим изменениям химического состава под влиянием сейсмичности подвержены воды малой минерализации (на 50-100 и более % относительно фоновых значений). Рассолы и воды с высокой минерализацией слабо изменяют свой химический состав, однако содержание в них микроэлементов подвергается чрезвычайно сильным изменениям (табл. 2).

В-четвертых, нередко природные газы и воды подземных водно-газовых систем при сильнейших землетрясениях настолько сильно изменяют свой химический состав, что происходит их гидрогеологическая и газовая инверсия. Последнее, по-видимому, отражает глубинную зональность природных газов и вод сейсмоактивных НГВ и может служить показателем перспектив нефтегазоносности глубоких горизонтов.

Для изучения генетической сущности процессов формирования геохимических и аномалий нами изучаемых и изотопные эффекты, обусловленные геодинамическими процессами в сейсмически активных областях.

Исследования показали, что режим дегазации недр даже в асейсмичное время не остается стабильным. Последнее проявляется в вариациях изотопного состава углерода CН_4 , достигающее 5% значений $\delta^{13}\text{C}$.

В период активации недр вариации этого параметра сильно возрастают; по нашим данным и определениям В.С. Лебедева, А.Д. Есикова, В.П. Карпова, В.Е. Ерохина, на Миатлах и др. площадях Дагестанского клина и в Южном Дагестане они достигали 23% у CН_4 и 11% у CO_2 , а в пределах Восточной антиклинальной зоны Южного Дагестана, локальные структуры которой обладают очень высокой степенью гидрогеологической раскрытости недр, они изменялись в асейсмичное время на 4-10%, значений $\delta^{13}\text{C}$ у CН_4 . В то же время δD в углеводородных газах Зурамакентских терм в период землетрясений изменялся от -210 до -288‰.

Последнее может свидетельствовать об активных перемещениях в верхние структурные этажи осадочного чехла флюидов с более глубоких горизонтов.

На примерах ряда землетрясений, вызванных строительством гидротехнических сооружений на р. Сулак в области Дагестанского клина, показано, что изотопные вариации углерода метана имеют место также и при техногенных землетрясениях (табл. 1). Характер этих вариаций при землетрясениях, спровоцированных инженерной деятельностью, такой же, как и при тектонических землетрясениях, т.е. можно заключить, что их природа в Кавказском регионе едина, гипоцентры находятся на сопоставимых глубинах, а инженерные сооружения (водохранилища, плотины, закачки больших объемов жидкостей в глубокие скважины и др.) являются всего лишь триггерным механизмом, развязывающим землетрясения тектонической природы.

Изучение особенностей поведения отдельных параметров подземных водно-газовых систем в сейсмически активных областях в связи с образованием и разрушением геохимических аномалий в отложениях верхних структурных этажей осадочного чехла, показало, что если до Ташкентского и Анапского (1966 г.), а также Дагестанского (1970

г.) землетрясений геохимические эффекты, обусловленные разгрузкой упругих деформаций в очаговых зонах тектонических землетрясений, вообще не были известны, то после них они начали широко исследоваться. Полученные нами в процессе режимных наблюдений данные, характеризующие ход геохимических параметров во времени, могут использоваться для определения истинной картины процесса флюидного обмена в этих областях и условий образования геохимических аномалий. Анализ этих данных показывает следующее:

1. В пределах Кавказского региона в вариациях геохимических параметров подземных водно-газовых систем проявляются землетрясения с 7-8 энергетического класса (К). С такого энергетического класса землетрясений можно проследить за:

а) ростом минерализации подземных вод, б) изменением химического состава подземных вод и газов, в) изменением величины рН, г) изменением величины удельной электропроводности вод, д) изменением изотопного состава газов и вод и т.д., т.е. можно получить информацию о динамике формирования и распада геохимических аномалий (табл. 1,2).

2. Минерализация и химический состав вод верхних водоносных комплексов и горизонтов изменяются в основном из-за поступления в результате сейсмических процессов из высокотемпературных зон вод иного химического облика, несущих в верхние горизонты хлориды щелочей, аммоний, органические кислоты, фенолы, ртуть, мышьяк, бор, железо, медь, серебро, молибден и другие химические элементы. При этом совершенно не исключается переход в подвижное состояние какой-то части ионов поглощенного комплекса пород вследствие изменения РТ условий.

Гидрохимические аномалии приурочены к отдельным сейсмическим событиям, количественно отражая их масштабы.

3. В газах в период подготовки сейсмических событий увеличивается содержание тех компонентов, которыми на глубине насыщены воды: метана, тяжелых углеводородов, CO₂, азота, водорода, гелия. Концентрации гипергенных компонентов и газов воздушного происхождения (азота, сероводорода, углекислоты) обычно уменьшаются. Газовые аномалии являются реакцией не только на отдельные сейсмические события, но на общее усиление сейсмической активности региона.

4. Величина и продолжительность газовых аномалий связана с продолжительностью и энергией сейсмических событий. В связи с землетрясениями 7-10 энергетического класса геохимические аномалии обычно локализуются на ограниченной площади. Для землетрясений 13-16 и большего класса ареалы распространения геохимических аномалий в пределах Кавказского региона приобретают региональное распространение.

5. Каждому минеральному источнику или скважине даже в пределах одной геологической структуры (в случае, если они дренируют различные горизонты), присущи свои наборы геохимических информативных параметров, отражающие сейсмичность недр. Наиболее информативными источниками минеральных вод являются слабоминерализованные азотные термы (табл. 2). Ареалы распространения геохимических аномалий носят ярко выраженную мозаичную структуру, в которой, по-видимому, отображается как специфика вертикальной и латеральной гидро- и газогеохимической зональностей, так и тектоническая структура региона. В большинстве своем минерализация вод источников и скважин в пределах Кавказского региона расчет за счет увеличения содержания хлоридов щелочных и щелочноземельных элементов. В других сейсмоактивных областях, например, в Средней Азии и в Забайкалье) гидрогеохимические аномалии формируются за счет выноса сульфатов или бикарбонатов и нередко отражают литологический состав пород на глубине.

б. Сейсмогеохимические аномалии в приповерхностных отложениях формируются вне зависимости от того, содержатся или не содержатся залежи нефти и газа на глубине, однако их контрастность определяется только наличием на глубине того или иного газового компонента в промышленных масштабах. Например, в пределах локальных

структур Восточной антиклинальной зоны Южного Дагестана на структурах Берикей, Дузлак и Дагестанские Огни при землетрясениях образуются контрастные отрицательные углеводородные аномалии за счет резкого увеличения концентраций двуокиси углерода (табл. 1 и рис. 1). В соответствии с газовой зональностью здесь мезозойский осадочный комплекс содержит преимущественно углекислые газы, а в третичных отложениях распространены преимущественно углеводороды. Это свидетельствует о бесперспективности обнаружения здесь промышленных скоплений нефти и газа в отложениях мезозоя, что и было подтверждено глубоким разведочным бурением. Положительные сейсмогеохимические аномалии углеводородов в пределах Димитровской разведочной площади, формирующиеся за счет увеличения содержания в составе газов Уйташских азотных минеральных источников метана с 8 до 20 и более %, в сейсмически активные периоды и свидетельствуют о возможном наличии здесь скоплений нефти и газа на глубине. Последнее было подтверждено открытием здесь залежей газоконденсата в палеогеновых и верхнеюрских отложениях.

Исходя из сказанного, можно заключить, что геохимические аномалии углеводородов (ареалы их распространения, выраженность, время жизни), возникающие в отложениях верхнего структурного яруса осадочного чехла в сейсмически активных областях и их обрамлениях (в том числе – в нефтегазоносных районах), явление нестационарное и в общем зависит от тектонической расчлененности геологических структур и энергетического класса готовящихся и происходящих в регионе сейсмических событий.

В итоге проделанных комплексных исследований рассмотрены некоторые прикладные аспекты работы. Прежде всего, совершенствуется геохимический метод поисков месторождений нефти и газа и других полезных ископаемых. В понятие формирования геохимических аномалий в геодинамически активных регионах (а это - весь Большой и Малый Кавказ и граничащие с ним территории Западного, Центрального и Восточного Предкавказья, Средняя Азия, Юго-Западный Казахстан, Байкальский рифт и примыкающие к нему нефтегазоносные структуры Нижне-Ботуобинского свода и Вилуйской впадины и др.) вводится сейсмичность недр как параметр, с одной стороны, – активно воздействующий на рассеянное органическое вещество пород, а с другой – служащий мощным стимулом тепло-массопереноса. Во-вторых, раскрытые разрывные структуры, столь характерные для сейсмически активных областей, наиболее благоприятны для субвертикального переноса в область стока, в том числе - в породы верхних структурных ярусов осадочного чехла, газов, подземных вод с набором макро- и микроэлементов, где они формируют геохимические аномалии, имеющие поисковое значение. Исследования показали, что неравномерность их возникновения, быстротечность аномалий и их масштабность обусловлены подготовкой сейсмических событий различного энергетического класса. Именно такой нам представляется модель формирования геохимических аномалий в нефтегазоносных районах в связи с сейсмичностью недр. При проведении геохимических поисков полезных ископаемых в пределах сейсмоактивных НГБ, арсенал геохимических методов, по-видимому, остается прежним. Технология же их проведения должна базироваться, с одной стороны, на повторности съемок в пределах одних и тех же структур, особенностях сейсмического режима конкретных территорий, поиске контрастных геохимических аномалий, которые приурочиваются к периодам усиления сейсмичности недр, а с другой – учитывать особенности формирования и распространения геохимических аномалий, характеристики которых могут быть получены на сети станций режимных наблюдений, в том числе – прогностической.

Другим практическим выходом работы является возможность оперативного прогноза геохимическими и гидрогеологическими методами места, силы и времени тектонических землетрясений, основой которого могут быть те же самые закономерности флюидного режима конкретных сейсмоактивных областей. Однако, для реализации этой возможности необходима организация сети станций режимных наблюдений за ходом

информативных геохимических параметров подземных водно-газовых систем, контрастных геохимических аномалий в приповерхностных отложениях.

Заключение и выводы

Геодинамические процессы в сложных геофизических средах сопровождаются необратимыми изменениями твердой фазы, чаще теряющей свою структуру и прочностные свойства. Две другие фазы (жидкая и газообразная), являющиеся вполне подвижными, претерпевают еще большие изменения, в первую очередь - вследствие явлений смешения, а также растворения и химических превращений при изменении Р-Т-условий в их восходящем движении.

Именно такие явления наблюдаются при подготовке сильных сейсмических событий. Однако между силой последних и их отражениями в аномалиях воды и газа нет линейной связи, т.е. геохимические аномалии, обусловленные сейсмичностью недр, по-видимому, явления нелинейные, как нелинейные соотношения между площадями ареалов распространения геохимических эффектов и энергетическими классами соответствующих сейсмических событий.

В этой связи, выполненное исследование дает возможность с новых позиций рассматривать проблему формирования геохимических аномалий в сейсмически активных нефтегазоносных районах, что важно учитывать при разработке и совершенствовании геохимических методов поисков нефти и газа. То же самое касается совершенствования геохимических и гидрогеологических методов оперативного прогноза тектонических и техногенных землетрясений. Основные выводы заключаются в следующем:

1. К поверхности Земли существует устойчивый во времени субвертикальный поток сложного водно-газового флюида, который создает своеобразный геохимический фон. В геодинамически и сейсмически активных регионах поток особенно плотен. Поступающие во внешние оболочки Земли газы метаморфического и другого происхождения способствуют образованию геохимических аномалий, в том числе в верхних структурных ярусах осадочного чехла. В период усиления сейсмической активности недр масштабы дегазации, водного и солевого стока с таких площадей существенно возрастают (от нескольких до десятков процентов). Растет также плотность фоновой дегазации недр.

2. На последних этапах подготовки сильных тектонических землетрясений плотность субвертикальных потоков флюидов регионально нарушается, дегазация приобретает импульсный характер, проявляясь периодическими усилениями выноса глубинных водно-газовых систем, которые на своем пути в область разгрузки мобилизуют флюиды вышележащих комплексов пород, в том числе - газы и воды залежей полезных ископаемых. Химизм глубинных дериватов этих стадий определяется галоидами щелочных и щелочноземельных элементов и микроэлементами; в газах преобладают углеродистые соединения (углеводороды, CO_2), увеличиваются концентрации водорода и гелия. Количество газов гипергенного происхождения (сероводорода, двуокиси углерода и др.) уменьшается. Синхронно указанным процессам возрастает плотность теплового потока, увеличивается температура восходящих флюидов. В приземной атмосфере и атмосфере почв и подпочв растут концентрации гелия, водорода, углеводородов, CO_2 и других газов, повышается температура.

3. Образованием геохимических, гидрогеологических и геотермических аномалий в верхних структурных ярусах литосферы сопровождаются все землетрясения (слабые и сильные). При этом геохимические аномалии формируются вне всякой зависимости от того, содержатся или не содержатся в геологическом разрезе скопления углеводородов и других полезных ископаемых, однако при присутствии последних на глубине аномалии, образующиеся в верхних структурных ярусах, несут в себе информацию и об их качестве.

4. Сильные землетрясения ($K > 14$) предваряются и сопровождаются аномалиями, ареалы распространения которые чаще всего носят региональный характер, а катастрофические ($K = 18$) – глобальный.

5. В верхних структурных ярусах осадочного чехла и на дневной поверхности ареалы геохимических аномалий имеют мозаичную структуру, что обусловлено, с одной стороны, – вертикальной и латеральной гидрохимической и газовой зональностями, а с другой – тектонической расчлененностью недр, наличием или отсутствием на глубине залежей нефти и газа, минеральных вод, скрытых рудных тел и др. полезных ископаемых, а также особенностями и степенью региональной и локальной гидрогеологической раскрытости недр.

6. Образование и время жизни контрастных геохимических аномалий в верхних ярусах осадочного чехла в сейсмически активных областях и их обрамлениях, в том числе - в нефтегазоносных в большой степени обусловлено активацией геодинамического режима недр. Эти периоды, по-видимому, являются наиболее благоприятными для постановки работ по геохимическим поискам месторождений полезных ископаемых: нефти и газа, термальных, минеральных и промышленных вод, а также руд. Однако, в этом случае при определении поисковой ценности обнаруженных аномалий решающим критерием должны являться аномалии геохимических параметров (химического и изотопного состава природных газов, химизма вод и содержания в них микроэлементов и т.д.).

7. Закономерности распространения сейсмогеохимических аномалий в пределах НГБ могут быть использованы при выборе объектов исследований на нефть и газ геохимическими методами, в том числе – их рациональное комплексирование с другими видами геолого-разведочных работ.

8. В периоды длительного сейсмического затишья формирование геохимических и гидрогеологических поисковых аномалий может быть спровоцировано взрывами мощность которых должна быть эквивалентна землетрясением не ниже $K = 9-10$, а также применением мощной вибротехники – МГД-генераторов и др.

Литература

1. Вассоевич Н.Б. Теория осадочно-миграционного происхождения нефти. Изв. АН СССР, Сер. геол.-1967.-№11.-С. 13-21.
2. Успенский В.А., Радченко С.А., Глебовская Е.А. Основы генетической классификации битумов - Л.: Недра, 1964.-255 с.
3. Войтов Г.И., Осика Д.Г., Гречухина Т.Г. О некоторых геолого-геохимических последствиях Дагестанского землетрясения 14 мая 1970 г. //Докл. АН СССР. -1972. -Т. 202. -№ 3. -С. 576-579.
4. Войтов Г.И., Осика Д.Г., Лебедев В.С. О некоторых особенностях химического и изотопного состава газов и вод Южного Дагестана// Докл. АН СССР.- 1972. -Т. 205. -№ 5. -С. 1217-1220.
5. Осика Д.Г., Саидов О.А., Мегаев А.Б. О механизме формирования и оперативном прогнозе дагестанских землетрясений. Сейсмологический бюлл. Кавказа. -1974. - Изд-во «Мацниереба», Тбилиси, 1976.
6. Осика Д.Г., Смирнова М.Н. Гидродинамические и геохимические предвестники сильных землетрясений Северного Кавказа // Международный симпозиум 27 мая - 3 июня 1974. - Сб. «Поиски предвестников землетрясений». - Ташкент: ФАН, 1975. - С. 65-69.
7. Осика Д.Г., Мегаев А.Б., Саидов О.А. О динамике флюидов в сейсмически активных областях // Дегазация Земли и геотектоника. М.: Наука, 1975. С. 42-45.
8. Черский Н.В., Царев В.П., Николаев С.К. О возможности преобразования ископаемого органического вещества при воздействии сейсмических процессов //Докл. АН СССР. - 1977. - Т. 232. - № 4. - С. 931-934.
9. Черский Н.В., Царев В.П., Кузнецов О.Л. Влияние ультразвуковых полей на проницаемость горных пород при фильтрации воды //Докл. АН СССР. - 1977. - Т. 232. - № 1. - С. 301-304.
10. Гатальский М.А. Основные этапы развития метода гидрогеологии, прямые и косвенные показатели нефтегазоносности. Геологический сборник, 7, Гостоптехиздат, Л., 1953.
11. Кротова Н.А. Гидрогеологические критерии нефтегазоносности. Тр. ВНИГРИ, вып. 147, Гостоптехиздат, Л., 1960.
12. Гуревич М.С. Принципы комплексного нефтепоискового изучения подземных вод. Сб. материалов ВСЕГЕИ, новая серия, вып. 18. «Вопросы нефтепоисковой гидрогеологии». Гос.науч.тех.издат, М., 1956.

13. Осика Д.Г. Газовый показатель степени гидрогеологической закрытости недр. ДАН СССР, серия геологическая, Т. 183, № 4.
14. Осика Д.Г. Азотный показатель нефтеносности. Канд. дисс. «Геохимические показатели условий формирования газонефтяных месторождений Прикумской области Восточного Предкавказья». Махачкала, 1969, библиографический список. Геол.-фак-та МГУ. М.
15. Стадник Е.В., Юрин Г.А., Бабинцев Т.Н. Гидрогазобиохимическая съемка по придонным водам речных систем //Геол. методы поисков и разведки месторождений нефти и газа.: Экспресс-информ. - 1979. - №2. -С. 8-18.
16. Осика Д.Г. Флюидный режим сейсмически активных областей. М.: Наука, 1981.230 с.

РЕСУРСЫ ПОДЗЕМНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД ДАГЕСТАНА, ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА.

*Сулжиева Т.М., Джабраилова К.Д., Курбанова Л.М.
Институт геологии ДНЦ РАН, E-mail dangeo@iwt.ru*

Уникальное тектоническое строение Дагестана предполагает наличие в ее недрах разнообразных природных ресурсов, в том числе минеральных вод различных типов. Их в Дагестане насчитывается свыше 100 групп, из которых более 20 – термальные (Гецеу В., Осика Д.Г., Курбанов М.К.) [1,2].

В бальнеологии и курортологии лечебными принято считать минеральные воды, минерализация которых составляет не менее 1 г/л, или когда они обладают какими-либо лечебными свойствами – повышенным содержанием биологически активных компонентов: йода, брома, мышьяка, железа, лития и др. Согласно классификации В.В.Иванова, Г.А.Невраева здесь можно выделить следующие три основные группы, имеющие бальнеологическую значимость: 1). воды без специфических свойств и компонентов (группа А), 2). углекислые воды (группа Б); 3). сероводородные воды (группа В).

К водам без специфических свойств и компонентов следует отнести минеральные воды из скважины 605 и 606 на Каякентской разведочной площади. В соответствии с современными критериями оценки химического состава минеральных вод, воды из этих скважин характеризуются как мало минерализованные, хлоридно-гидрокарбонатного натриевого состава, без запретительных элементов (по медицинским показателям), дебит – 3-4 л/сек. По рекомендации Пятигорского института курортологии рекомендованы для розлива.

Углекислые воды занимают заметное место среди минеральных вод и характеризуются повышенным содержанием углекислоты (СО₂), как правило, имеют гидрокарбонатный натриевый состав с небольшим содержанием хлора. Используются как столовые и для лечения желудочно-кишечных заболеваний. К ним относятся Рычал-Су, вода из скважины 160 (Тарнаир) и другие. Эти воды типа Боржоми, Виши.

Сероводородные воды распространены как в Приморской, так и Предгорной части Дагестана.

На Каякентской площади имеется ряд выходов вод с различным содержанием сероводорода. Из них Каракайтагские источники характеризуются повышенным содержанием сероводорода – до 200 мг/л, с минерализацией воды до 3 г/л. Ближе к морю, у канала озера Аджи находится скважина 600 с водой гипертермального, рассольного типа, которая содержит йод, бром, бор, кремний в терапевтической концентрации и характеризуется невысоким содержанием сероводорода (до 20 мг/л). Аналогичная по химическому составу вода получена из скв. 608 на севере структуры.

Следует особо подчеркнуть уникальность природного заповедника, которым является Каякентское месторождение минеральных и лечебных грязей. На этом участке имеется более 50 источников и скважин различного состава. На его базе функционирует курорт, возможности которого в настоящее время используются не полностью. Каякентское месторождение минеральных вод является очень перспективным и по ком-