

ний полезных ископаемых. Новосибирск, Наука, 1990. - с 55-71.

7. Дутова Е.М., Копылова Ю.Г., Салимбаева Д.Т., Тупчий З.В. Изучение условий формирования химического состава вод при выделении и обосновании гидрогеохимических аномалий // Гидрогеохимические методы поисков рудных месторождений. Новосибирск, Наука, 1982. -172-177 с.

8. Дутова Е.М. Особенности геохимии подземных вод ряда золоторудных районов Алтае-Саянской складчатой области в связи с гидрогеохимическими поисками: Автореферат дис. канд. геол. - минер. наук - Томск, 1989. - 20 с.

9. Агроклиматические ресурсы Новосибирской области. Л.: Гидрометеиздат, 1971. - 155 с.

10. Лукин А.А. Опыт разработки методики морфоструктурно-гидрогеологического анализа. - Новосибирск: Наука, 1987. - 111 с.

11. Ковалев Р.В., Корсунов В.М., Шоба В.Н. Процессы и продукты почвообразования в темно-хвойных лесах. -- Новосибирск: Наука, 1981. -120 с.

12. Гаррелс Р.М., Крайст Ч.Л. Растворы, минералы, равновесия. - М.: Мир, 1968. - 368 с.

13. Карпов И.К. Физико-химическое моделирование на ЭВМ в геохимии. - Новосибирск: Наука, 1981. - 248 с.

14. Кашик С.А., Карпов И.К. Физико-химическая теория образования зональности в коре выветривания. - Новосибирск: Наука, 1978. - 152 с.

15. Баженов В.А. Древние коры выветривания Салаира (состав и условия образования): Автореф. Канд. дисс. - Томск, 1981. - 18 с.

16. Свиридов В.Г., Краснов В.И., Сурков В.С., и др. Геологическое строение и полезные ископаемые Западной Сибири. Т.1. Новосибирск: Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГГМ, 1999. 228 с.

GEOCHEMISTRY OF UNDERGROUND WATERS AND PROCESSES FORMATION OF SECONDARY MINERALS ON NORTHWEST OF SALAIR

E.M. Dutova

In work the features of geochemistry of underground waters north-west of Salair are considered, the laws of variability of their structure determined by character of a relief, level erosion, structure rocks of adjournment are shown, is appreciated equilibrium of waters with various minerals, the picture of distribution of modern secondary minerals from underground waters is shown.

УДК 550.4 : 551.49 : 553.98 (571.1)

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТАЛЛОВ И ПРОЯВЛЕНИЯ ЭПИГЕНЕЗА В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНО- СИБИРСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

Назаров А. Д.

Постседиментационная эволюция терригенно-осадочных отложений нефтегазоносных бассейнов приводит к значительному изменению исходного состава вод, пород и рассеянного органического вещества и значительному (на 1-5 порядков) обогащению водных растворов органогенными компонентами и металлами. При этом прослеживается определенная взаимосвязь между накоплением их в подземных водах и процессами лито-, гидро- и нафтидогенеза. Зоны максимального, аномально-импульсного, обогащения вод указанными компонентами явно тяготеют к зонам коренной гипергенной и нафтидогенной перестройки воднопородной системы.

Металлы, литогенез, гидрогенез, нафтидогенез, генерация, зоны.

Особое положение в нефтегазовой геохимии и особенно в нефтегазовой гидрогеохимии

занимают малые или микрокомпоненты (trace elements), включающие в себя многочисленную и весьма разнообразную по количественному содержанию (от макро- до ультрамикро-), химическим и геохимическим свойствам группу лито-, халько- и сидерофильных элементов - металлов, металлоидов, галоидов и т.п. Ввиду малых концентраций в водах они чутко реагируют на малейшее изменение геохимической среды и потому нередко являются наиболее информативными индикаторами специфических процессов постседиментационного преобразования вод, пород и рассеянного органического вещества. Кроме того, многие из микрокомпонентов существенно влияют на качество и потребительские свойства питьевых, лечебных и промышленных («рудных») подземных вод и потому обуславливают необходимость более детального исследования их геохимического поведения в водных растворах.

Геохимии металлов и других микрокомпонентов в подземных водах нефтегазоносных бассейнов, в том числе и Западно-Сибирского, посвящены работы W.B. Sherey, С.М. Катченкова, Д.И. Зульфугарлы, W.W. Howe, A.R. Williams, М.С. Гуревича, G.W. Hodgson, А.Э. Которовича, А.В. Котовой, Б.П. Ставицкого, Ю.Г. Зимина, Л.А. Гуляевой, С.А. Пунановой, А.И. Германова, В.М. Швеца, В.М. Матусевича, П.А. Удодова, С.Л. Шварцева, Р.Н. Filby, Р.Г. Прокопьевой, А.Д. Назарова, В.Ф. Камьянова, В.Г. Иванова и многих других исследователей. Исследования указанных авторов позволили проследить общие закономерности изменчивости концентраций и состава металлов в подземных водах нефтегазоносных отложений и заложили соответствующую эпистемологическую гидрогеохимическую основу для дальнейших изысканий [4,6,10,12,16,17,19,20].

В частности, выявилась весьма устойчивая взаимосвязь процессов обогащения вод металлами и другими минеральными солями [5,15]. Весьма уверенно прослеживается аномальное воздействие на концентрацию в водах металлов нефтяных и газоконденсатных месторождений [5,7,9,10,11,14,15,18]. Отмечается определенное воздействие на состав и концентрацию в водах металлов повышенных температур [10, 11], состава вод [10,15] и водорастворенных органических веществ [2-5], литогеохимических [5] и биогеохимических [3,17] условий седиментационных провинций (по закону геохимической наследственности Пустовалова). Предпринимались попытки прослеживания геохимического влияния на поведение в водах металлов процессов нефтегазообразования [11,14].

Проблема оказалась геохимически и генетически информативной, очень сложной, многоаспектной и весьма далекой от своего разрешения и потому привлекательной для специалистов разного профиля. Наибольший интерес, естественно, вызывает возможность выявления геохимической взаимосвязи процессов обогащения вод металлами и процессов эпигенетического преобразования осадочных отложений. В предлагаемой работе как раз и предпринята попытка выявления такой взаимосвязи между накоплением микрокомпонентов в подземных водах и степенью эпигенетической преобразованности последних.

Прежде всего, следует отметить заметную обогащенность подземных вод металлами по сравнению с захоронявшимися седиментогенными водами, а также афациальный рост их суммарной концентрации с глубиной и повышением минерализации водных растворов. Такая же тенденция прослеживается и для накопления в водах углеводородных газов, органических соединений и других органогенных компонентов (рис. 1).

При этом, если суммарная концентрация металлов в пресных гипергенных водах кайнозойской континентальной толщи (глубины до 300 м) составляет 10,3 мг/л, то в крепкосолёных хлоридно-натриевых водах аптсеноманского континентального комплекса (глубины 650 – 1400 м) она уже достигает 65 мг/л, в крепкосолёных хлоридно-кальциево-натриевых водах неокотских морских и лагунно-континентальных отложений (глубины 1400 – 2200 м) – 200-300 мг/л, а в хлоридно-натриевых рассолах юрских континентально-морских образований (глубины 2300 – 3000 м) – 750-1000 мг/л. Основная массовая доля (в среднем около 87 %) приходится на такие литофильные элементы, как Sr {59.7 %}, Ba {12.16 %}, Mn {2.1 %}, Li {0.86 %}, B {3.65 %}, Si {4.56 %}, S {1.52 %}, Rb {0.11 %}, а также Fe {12.86 %}, в то время как на всю халькофильную группу – всего лишь 0.18 % {из них 0.12 % на Zn}. Примечателен сам факт накопления металлов в преобладающих в юрско-меловых отложениях весьма жестких хлор-кальциевых (по В.А.Сулину) водах, способствующих минералогическому выводу многих из них из растворов.

Обогащенность минеральных вод многими металлами превышает их концентрации (18.5 мг/л) в исходных талассогенных водах на 1-4 порядка (рис. 2) и по контрастности впол-

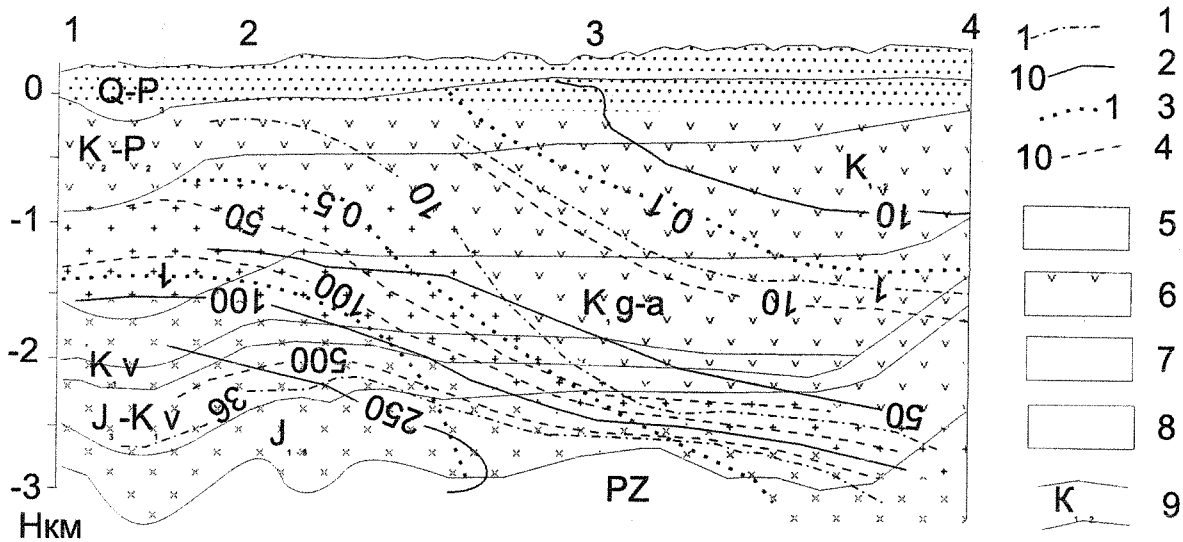


Рис.1 Схематический гидрогеохимический профиль по линии г.Стрежевой(1) – с.Ср.Васюган (2) – г. Колпашево (3) – с.Тегульдет (4)

Изолинии: 1 – минерализаций воды, г/л; 2 – концентраций общих органических кислот, мг/л; 3 – значений газового фактора, л/л; 4 – суммарной концентрации металлов, мг/л. Зоны: 5 – идиогипергенеза, 6 – криптогипергенеза, 7 – протокатагенеза, 8 – мезокатагенеза. Гидрогеологические комплексы: Q-P₃ – олигоцен-четвертичный, K₂-P₂ – эоцен-верхнемеловой, K_{1.2} – апт-сеноманский, K_{1g-a} – готерив-аптский, K_{1v} – валанжинский, J₃-K_{1v} – валанжин-верхнеюрский, J_{1.3} – юрский, PZ – палеозойский

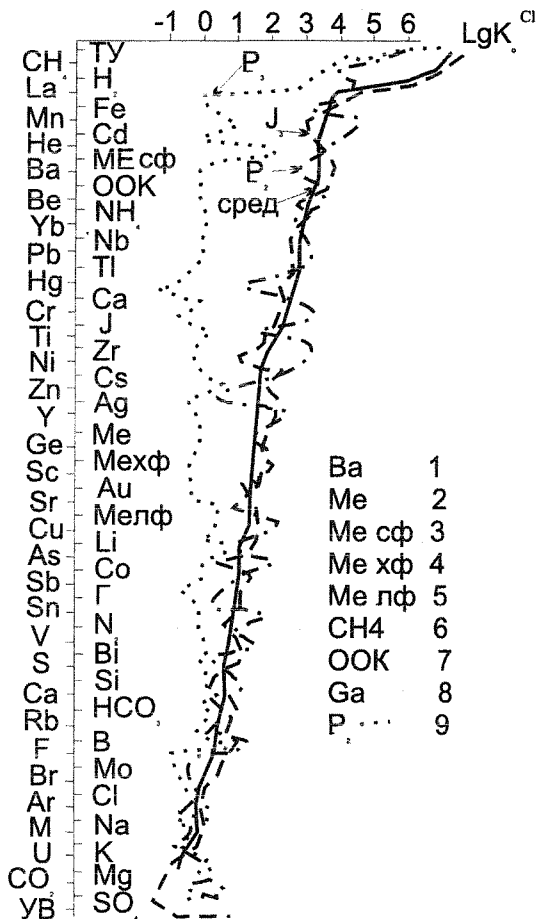


Рис.2 Ряд и коэффициенты обогащенности (относительно хлора) металлами, газами, минеральными и органическими компонентами пластовых вод и поровых растворов Обь-Иртышского междуречья (Западно-Сибирская нефтегазоносная провинция)

1 – металлы; 2 – сумма металлов, 3 – сумма металлов сидерофильной группы, 4 – сумма металлов халькофильной группы, 5 – сумма металлов литофильной группы; 6 – газы: CH₄ – метан, TU – сумма гомологов метана, H₂ – водород, CO₂ – углекислый газ, N₂ – азот, He – гелий, Г – сумма газов (газовый фактор); 7 – органические соединения: OOK – общие органические кислоты, УВ – углеводы; 8 – солевые компоненты: HCO₃ – гидрокарбонат-ион, SO₄ – сульфат-ион, NH₄ – аммоний, Ca – кальций, Na – натрий, Mg – магний, Cl – хлор-ион, J – йод, Br – бром, S – гидросульфид-ион (в пересчете на серу), М – сумма солей (минерализация); 9 – усредненные кривые значений коэффициентов обогащения подземных вод: сред.-интегральная, J₃ – верхней юры, P₂ – эоцена и P₃ – олигоцена

не сопоставима с накоплением в них большинства органогенных компонентов, заметно различаясь в то же время по гидрогеологическим комплексам и зонам в зависимости от состава и степени (стадии) метаморфизма водных растворов, рассеянного органического вещества и углеводов. Поэтому в вертикальном (по геологическому разрезу) распределении ведущих комплексов микрокомпонентов и концентраций в подземных водах (и нефтях) весьма чётко прослеживается глубинная гидрогеохимическая зональность [16].

Основным источником поступления металлов в воды могут являться только горные породы (в основном глинистые), обогащенные ими относительно вод, нефтей и рассеянного органического вещества на несколько порядков (рис.3).



Рис.3 Усредненные значения концентраций металлов, металлоидов и галоидов в породах, нефтях, битумоидах, рассеянном органическом веществе, нефтяных и фоновых пластовых водах Обь-Иртышского междуречья (Западно-Сибирская нефтегазоносная провинция)

Что касается рассеянного органического вещества, также заметно обогащенного металлами относительно вод и нефтей, то вклад его (как потенциального источника) в обогащение вод металлами, вероятнее всего, незначителен не только из-за малой концентрации (0.5-4%) рассеянной органики в породах, но и из-за тенденции удерживания основной массы гетероэлементов остаточным керогеном и битумоидами. Более заметна должна быть трансформационная, десорбционная и миграционно-стимулирующая (в виде органо-минеральных комплексов) роль подвижных органических соединений.

Такой вывод вытекает из характера распределения металлов в подземных водах по геологическому разрезу и, в частности, пространственное совпадение нижней зоны максимального, импульсного и синхронного, обогащения вод металлами и большинством органогенных компонентов с зоной раннего мезокатагенеза, развития рассолов (рис. 1) и интенсивной генерации углеводородов (рис. 4), то есть с зоной коренной трансформации органического вещества и глинистых минералов или с зоной главной фазы нефтегазообразования (рис. 4-6).

Наибольшая синхронность с накоплением в водах органогенных компонентов прослеживается для Ag, Zn, Co, Mn, Mo, Cu, Cr, а также Ni, V, Pb и Sn (для последних просматривается более тесная связь с аренами и аквабитумоидами). Ряд халькофильных элементов заметно проявляются в анализируемых водах лишь после кислотного разрушения в них органо-минеральных комплексов. Для многих халькофильных элементов выявляется тесная миграционная связь с гидросульфидами, хотя преобладающие формы миграции для разных металлов весьма разнообразны и существенно варьируют в различных гидрогеохимических средах (рис. 5).

Для большинства щелочных и щелочно-земельных элементов, а также La, Ga, Ge, Yb, Ti, Sc и Zr прослеживается устойчивая корреляционная связь с общей минерализацией вод и ростом доли хлоридных миграционных комплексов (рис. 5).

Nb, Be, Cd, Tl, Sb, F и As проявляют тенденцию к более тесной связи с кремнием, а бор — с магнием (рис. 5).

На таком органо-минеральном фоне вертикальной изменчивости водных концентраций

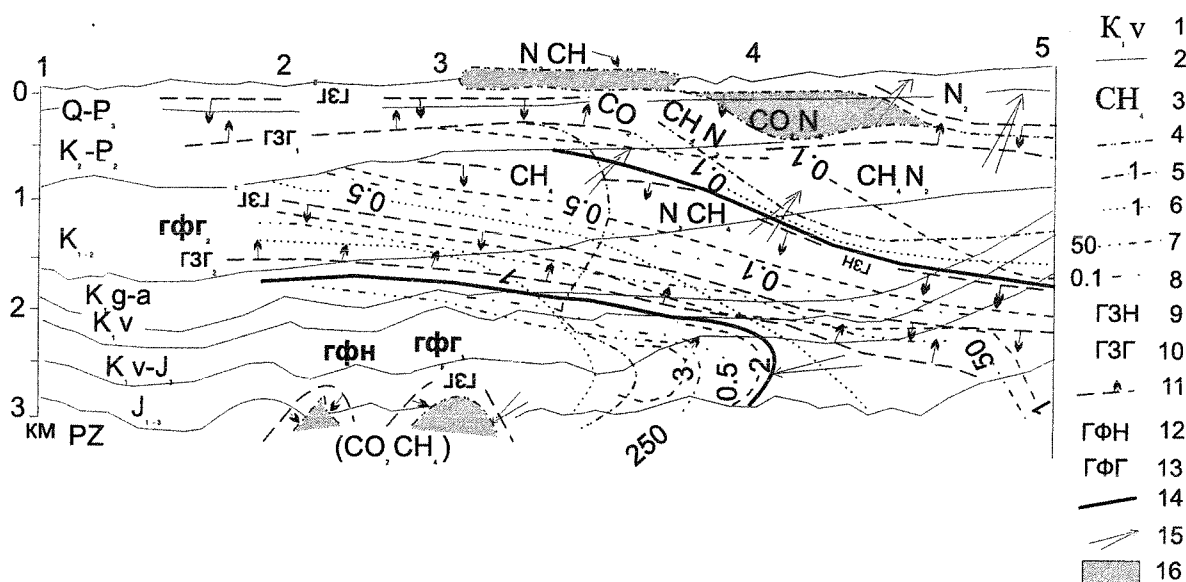


Рис.4 Нафтидогенно-гидрогеохимический профиль по линии г.Сургут(1) – г.Стрежевой (2) – с. Ср. Васюган (3) – г. Колпашево(4) – с.Тегульдет (5) (принципиальная схема)

1 – гидрогеологические комплексы, 2 – границы комплексов; 3 – зоны типов газов (вод), 4 – границы зон; изолинии: 5 – концентраций гомологов метана (%), 6 – значений газового фактора (л/л), 7 – органических кислот (мг/л), 8 – водорода (мл/л); генерационно-гидрогеохимические зоны: 9 – нефтегенерации, 10 – газогенерации (по стадиям: ГЗГ₁ – диагенно-гипергенная, ГЗГ₂ – протокатагенная, ГЗГ₃ – мезокатагенная, ГЗГ₄ – мезо-апокатагенная), границы зон; зоны главных фаз: 12 – нефтеобразования, 13 – газообразования, 14 – границы зон; 15 – направленность процессов нафтидо- и газогенеза (гидрогенеза); 16 – узловые гидрогеохимические зоны (ядра, концентры).

микрокомпонентов заметный спад доли халькофилов (с 0.37 % до 0.12 %) и сидерофилов (с 24 до 0.6 %) в общей сумме металлов в наиболее жестких хлоридно-кальциево-натриевых водах неокомских отложений (по сравнению с рассолами юрской толщи) может быть обусловлен лишь параллельным проявлением интенсивно протекающих здесь процессов аутигенного минералообразования и вывода компонентов из растворов (рис. 4-6).

С другой стороны, заметное импульсное обогащение органогенными компонентами и металлами (в том числе калием, магнием и редкими щелочами) пересыщенных многими карбонатными солями рассолов наиболее продуктивных верхнеюрских, а также нижнесреднеюрских пластов указывает на продолжающийся процесс интенсивного выноса (генерации) органических веществ, металлов и углеводородных газов (и дегидратационных вод) из нефтематеринских отложений (рис. 6). На свежесть и весьма высокую интенсивность нефтегазогенерационных (а также «металло-генерационных») процессов указывают заметные концентрации и особенности распределения в водах таких геохимически активных и потому неустойчивых в водных растворах компонентов, как водород и углекислый газ (рис. 5-6).

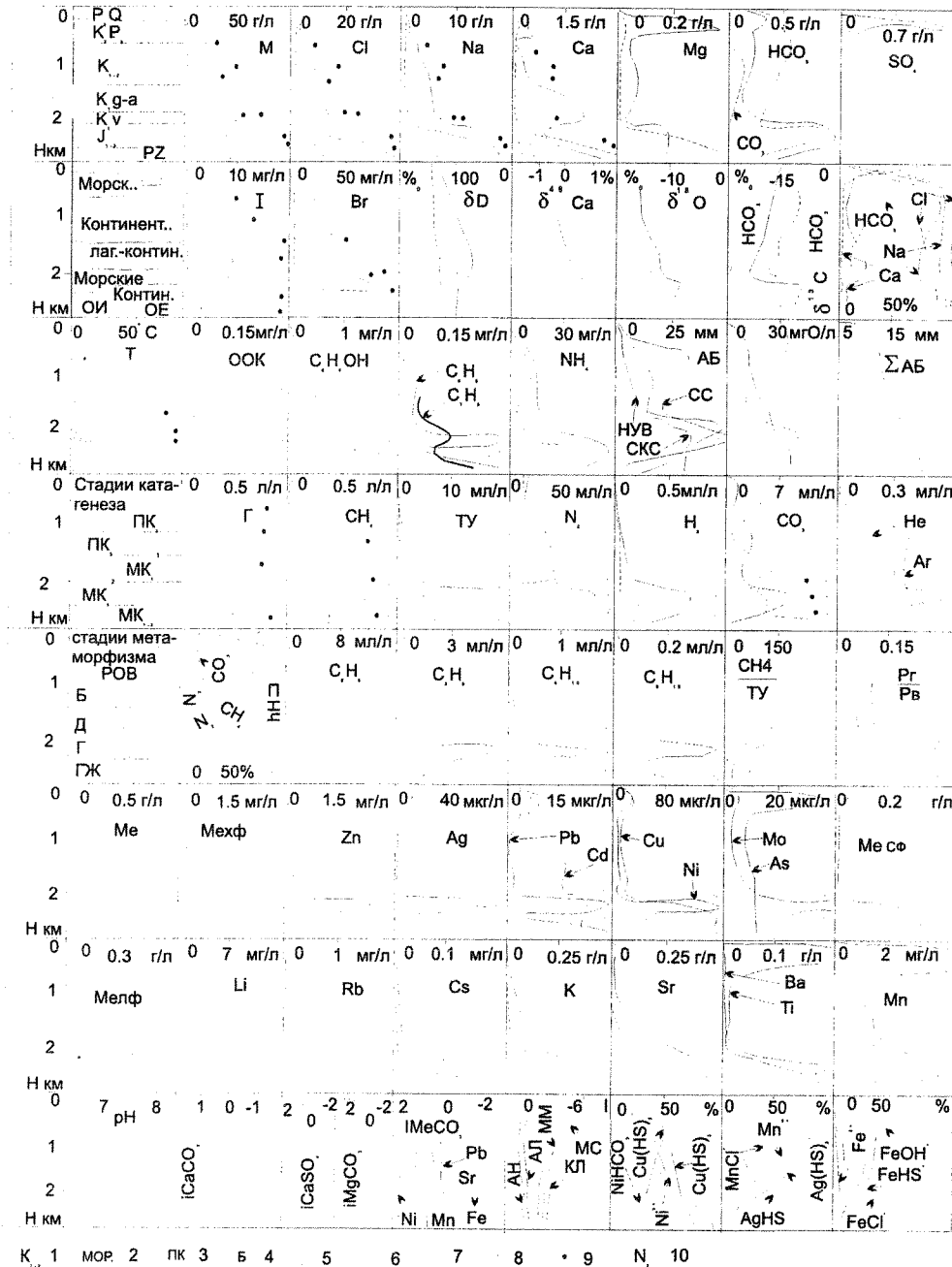
В гидрогеохимическом разрезе характеризуемого района фиксируется еще одна, соизмеримая по контрастности с верхнеюрской, эоцен-верхнемеловая, но уже идио-гипергенная, зона интенсивного обогащения вод (поровых растворов) металлами, особенно халькофилами и металлами группы железа (рис. 5-6). Это связано с весьма активным проявлением здесь физико-химических процессов перехода в поровые растворы металлов из подвергающихся окислительному воздействию метеогенных вод слабопроницаемых пиритизированных глинистых и кремнистых морских отложений.

Такой же комплексный, но только локальный эффект возмущающего геохимического воздействия на вмещающие горные породы и воды и перераспределение в них микро- и макрокомпонентов прослеживается и вблизи залежей углеводородов (рис. 7).

Поступление в воды металлов из нефти возможно в основном для V и Ni и в меньшей мере для Co, Pb, Sc, Yb, Sb, Au и Ti, содержание которых в нефтях заметно выше, чем в пластовых водах (рис. 3). Нельзя исключать и эффект обогащения металлами нефтей за счет пласто-

Р и с . 5 .

Вертикальная изменчивость значений гидрогеохимических показателей (гидрогеохимическая зональность) юго-востока ЗСНГП



1 – Гидрогеологические комплексы: Q-P₃ – олигоцен-четвертичный, K₂ – эоцен – верхнемеловой, K_{1,2} – апт-сеноманский, K_{1g-a} – готерив-аптский, K_{1v} – валанжинский, J₃-K_{1v} – валанжин-верхнеюрский, J_{1,3} – юрский, PZ – палеозойские; 2 – фации: мор. – морские, контин. – континентальные, лаг-конт. – лагунно-континентальные; 3 – стадии катагенеза: ПК – протокатагенеза, МК – мезокатагенеза; 4 – стадии метаморфизма рассеянного органического вещества (РОВ): Б – бурогольная, Д – длиннопламенная, Г – газовая, Ж – жидкая; кривые усредненных значений показателей для: 5 –

(ОИ) и – Обь-Енисейского (ОЕ) междуречий; аномальные значения показателей для вод: 7 – нефтяных, 8 – конденсационных и 9 – переточных зон; 10 – гидрогеохимические показатели: M – минерализация, HCO₃ – гидрокарбонат-ион, SO₄ – сульфат-ион, Cl – хлор-ион, Ca – кальций, Mg – магний, Na – натрий, I – иод, Br – бром, NH₄ – аммоний; изотопные: δD – дейтерий, δ⁴⁸Ca – кальций-48, δ¹⁸O – кислород-18, δ¹³C HCO₃ – углерод-13 гидрокарбоната-иона; органические: ООК – общие органические кислоты, C₆H₅OH – фенол, C₆H₆ – бензол, C₇H₈ – толуол, AB – аквабитумоиды; НУВ – нефтяные углеводороды, СКС – спиртовые смолы, СКС – среднекислые смолы, мг O/l – йодатная окисляемость; газовые: Г – газовый фактор, CH₄ – метан, ТУ – гомологи метана, N₂ – азот, H₂ – водород, CO₂ – углекислый газ, He – гелий, Ar – аргон, C₂H₆ – этан, C₃H₈ – пропан, C₄H₁₀ – бутан, C₅H₁₂ – пентан, CH₄/ТУ – коэффициент жирности (сухости), P₂/P_v – коэффициент газонасыщенности; металлы: Me – сумма металлов, Meхф – сумма халькофильных металлов, Meсф – сумма сидерофильных металлов, Meлф – сумма литофильных металлов, Zn, Ag, Pb, Cd, Cu, Ni, Mo, As, Li, Rb, Cs, K, Sn, Ba, Ti, Mn – металлы (химические элементы); коэффициенты насыщения (равновесий): iCaCO₃ – кальцитом, iCaCO₄ – гипсом, iMgCO₃ – магнезитом, iMeCO₃ – карбонатами: Fe – железа (сидеритом), Ni – никеля, Mn – марганца (родохрозитом), Pb – свинца (целестином) и Sr – стронция (стронцианитом), АН – анортитом, АЛ – альбитом, ММ – монтмориллонитом, КЛ – каолинитом, МС – мусковитом; формы миграции металлов: NiHCO₃ – гидрокарбонатная, MnCl+ – хлоридная, AgHS – гидросульфидная, FeOH – гидроксильная, Mn+ – ионно-металлическая.

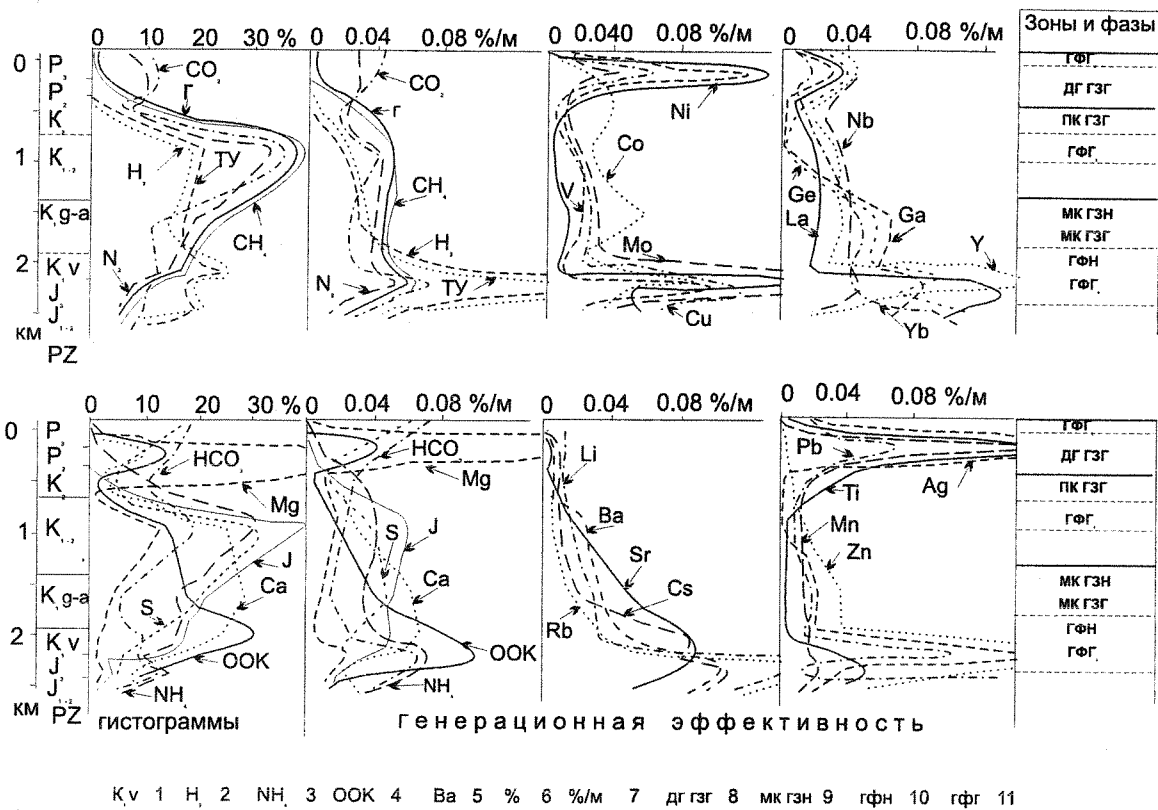


Рис.6. Генерационно-гидрогеохимические зоны нефтегазоносных районов Обь-Иртышского междуречья (Западно-Сибирская нефтегазоносная провинция)

1 – гидрогеохимические комплексы; 2 – газовые компоненты: H_2 – водород, N_2 – азот, CH_4 – метан, TU – сумма гомологов метана, CO_2 – углекислый газ, Γ – газовый фактор; 3 – солевые компоненты: NH_4 – аммоний, HCO_3 – гидрокарбонат-ион, S – гидросульфид (в пересчете на серу), Mg – магний, Ca – кальций; 4 – общие органические кислоты; 5 – металлы; 6 – распределение относительных долей объемов образовавшихся (сгенерировавшихся) компонентов; 7 – эффективность генерации компонентов единицей мощности (м) отложений; главные зоны: 8 – газообразования (ДГ – диагенно-гипергенная, ПК – протокатагенная, МК – мезокатагенная), 9 – нефтеобразования; главные фазы: 10 – нефтеобразования, 11 – газообразования.

выход. Как показывают лабораторные опыты по водным и нефтяным вытяжкам (экстракциям), направленность и масштабы обменных процессов обусловлены геохимическими свойствами и конкретным соотношением металлов в водах и нефтях, составом и кислотно-щелочными свойствами водных растворов, направленностью и интенсивностью физико-химических процессов, составом углеводородов и водорастворенных органических веществ, обогащенностью вод органо-минеральными комплексами и многими другими факторами. Заметная экстракция нефтью из вод в слабокислой среде отмечается для Cd , Zn , W , Mo , Sb , Cu , Ni , Co , Cr , а в нейтральной среде – La и Sc . Хорошо экстрагируется Au . Несмотря на значительное содер-

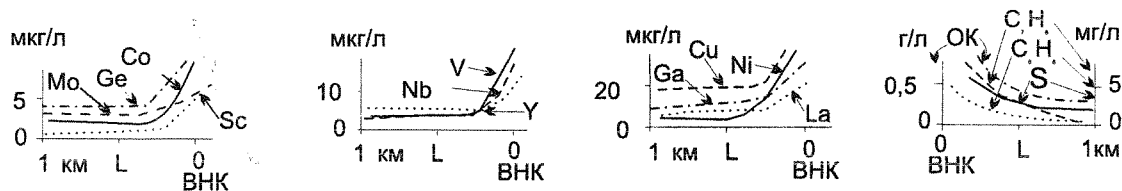


Рис.7. Гидрогеохимический ореол Советского месторождения нефти (пласты Б-8 и А-1)

Co , Mo ... металлы, ОК – общие органические кислоты, C_6H_6 – бензол, C_7H_8 – толуол, S – гидросульфиды (в пересчете на серу), ВНК – водонефтяной контакт, L – расстояние от водонефтяного контакта.

жание в нефтях Советского месторождения (пласт Б-8) Na, Br, Li, Rb, Se, Hf, As, Ca, Mg, Fe, заметного извлечения их нефтью из пластовых вод не наблюдалось.

Многие металлы склонны к прочной ассоциации с гетерогенными соединениями асфальтенов и смол нефтей в результате вхождения их в узловые малообменные структурные фрагменты сложных органических молекул (до 60 % для V и Ni). металлоорганические комплексы – неотъемлемая часть гетероатомных органических соединений нефтей и вод.

Если же учесть, что локальная обогащенность приконтурных вод фиксируется и для таких металлов, как Sr, Ba, Mn, Mo, Ga, Y, Nb, Ca, Mg и т.п., то скорее всего здесь проявляется наложенный эффект комплексного аномально-трансформационного (перераспределительного) геохимического воздействия углеводородной залежи на контактирующие с нею породы (и воды), под-тверждением чего является заметное их обесцвечивание (осветление).

В парагенетическом поведении многих циклических (по Вернадскому (1)) элементов явно просматриваются черты органophilности и литофильности за счёт наложения процессов нефтегазообразования и вторичного минералообразования.

Таблица 1

Усреднённые значения базовых гидрогеохимических показателей основных гидрогеологических комплексов Обь-Иртышского междуречья (Томской области)

ГГК		P _{3-Q}	P ₁₋₂	K ₂	K ₁₋₂	K _{1g-b}	K _{1v}	K _{1v-J₃}	J ₁₋₃	PZ
M,	г/л	0.45	6.00	6.00	15.00	20.00	21.60	38.30	44.70	59.00
Mор,	мг/л	225.9	241.3	356.6	549.1	616.2	896.8	1812.3	1472.0	1090.6
Me,	мг/л	2.4	25.1	14.4	51.0	181.0	356.0	730.0	989.0	882.0
Г,	мг/л	220.8	193.4	345.9	508.3	512.7	662.6	1447	1256.1	1030.3
ΣВРОВ,	мг/л	5.1	47.6	8.2	32.3	94.5	226.5	359.3	209.9	59.3
ΣУВГ,	мг/л	0.37	0.12	144.60	263.4	316.3	362.2	539	429.6	402.6
ΣСО ₂ ,	мг/л	198	170	165.1	174.5	117.2	207.5	699.3	682.3	448
ΣN,	мг/л	19.14	21.38	33.05	63.15	69.75	83.93	189.45	127.98	159.17
ТУВГ,	мг/л	0.01	0.047	0.406	2.972	7.36	13.12	40.16	27.41	26.45
N ₂ ,	мг/л	18.12	20	25.88	49.4	56.08	65.48	127	82.44	90
NH ₃ ,	мг/л	1.24	1.67	8.7	16.7	16.6	22.4	75.84	55.3	84
H ₂ ,	мкг/л	0.04	0.07	1	5.5	12.5	41	60	69	51
H ₂ S,	мг/л	2.13	1.06	1.06	2.83	4.26	2.27	3.83	4.20	3.74
J,	мг/л	0.02	0.26	2.50	8.50	9.00	9.20	6.00	6.00	7.00
CH ₄ /ТУ		36	1.49	355.1	87.62	42	26.61	12.42	14.67	14.22
N ₂ /NH ₃ ,		14.61	11.98	2.97	2.96	3.38	2.92	1.67	1.49	1.07
Ca,	мг/л	48	400	100	700	1700	2000	950	1000	2000
Mg,	мг/л	16	400	25	60	45	15	180	180	180
K,	мг/л	2	9	10	50	85	130	337	434	520
CH ₃ COOH,	мг/л						79.6	68.8	30.6	31.9
C ₃ H ₇ COOH,	мг/л						43.9	26.5	15.0	17.2
C ₁₁ H ₁₉ COOH,	мг/л			0.12	0.54	0.73	0.53	0.76	1.04	

Краткий анализ совокупного распределения усреднённых значений базовых гидрогеохимических показателей по различным гидрогеологическим комплексам (таблицы 1,2) показывает, что на фоне стабильного роста с глубиной (или возрастом отложений) минерализации (M) подземных вод колебания в них концентраций большинства органогенных компонентов (Mор) и металлов (Me) подчиняются синусоидальной зависимости. Максимальные их концентрации тяготеют к юрским (особенно верхнеюрским) пластам, охватывая угасающей кривой сверху нижнемеловые, а снизу палеозойские комплексы, что позволяет весьма уверенно выделять главную (95% Мор –зоны мезимума и оптимума) мезокатагенную зону нефте- и газообразования (ГЗН и ГЗГ₃) в пределах нижнемеловых, юрских и палеозойских толщ, в то время как главная (69% Мор - зона оптимума) фаза нефте- и газогенерации (ГФН и ГФГ₃) тяго-

Таблица 2

Усреднённые значения базовых гидрогеохимических показателей основных гидрогеологических комплексов Обь-Енисейского междуречья (Томской области)

ГГК	P ₃ -Q	P ₁₋₂	K ₂	K _{1,2}	K _{1 g-b}	K _{1 v}	K _{1 v} -J ₃	J ₁₋₃	PZ
M, г/л	0.45	0.63	1.3	1.5	1.7	4.9	12.1	42.30	59.1
Mор, мг/л	259.3	345.1	421.1	659.5	426.6	538.8	936.6	1009.3	895.8
Me, мг/л	5.05	1.02	1.02	2.05	87.264	122.77	254.44	465.33	514.24
Г, мг/л	255.7	338.1	415.3	634.3	403.6	467.6	826.7	893.0	845.4
ΣВРОВ, мг/л	3.18	3.4	4.5	14.68	21.02	56.02	101.0	105.0	45.8
ΣУВГ, мг/л	0.52	0.94	3.91	96.74	120.18	154.49	240.33	241.37	405.76
ΣСО ₂ , мг/л	231.8	307.8	379.4	482.3	236.0	256.7	531.0	575.9	344.5
ΣN, мг/л	28.3	16.7	38.4	63.1	56.6	67.5	65.6	89.5	106.3
ТУВГ, мг/л	0.002	0.001	0.004	0.221	0.721	1.412	5.845	4.539	9.349
N ₂ , мг/л	22.8	13.78	30.0	49.25	43.14	51.93	48.16	55.44	52.46
NH ₃ , мг/л	0.622	0.622	1.981	3.302	4.25	4.417	7.127	22.178	42.61
H ₂ , мкг/л	0.0001	0.0001	0.0002	0.0016	0.0054	0.0092	0.0167	0.0926	0.0218
H ₂ S, мг/л	0.389	0.531	1.122	3.537	1.633	7.941	6.69	7.329	4.209
J, мг/л	0.02	0.1	0.215	0.54	0.87	1.27	1.6	1.98	3.3
CH ₄ /ГУ	260	723	1086	439	166	108	40	52	42
N ₂ /NH ₃	36.66	22.15	15.14	14.92	10.15	11.76	6.78	2.5	1.23
Ca, мг/л	73	18	18	19	53	119	266	1570	2910
Mg, мг/л	16.5	4.4	4.4	3.3	4.2	6	51	274	426
K, мг/л	21.3	1.2	1.2	9	21	104	180	320	460
CH ₃ COOH, мг/л						56.21		30.56	59.76
C ₃ H ₇ COOH, мг/л						16.8		16.45	23.24
C ₁₁ H ₁₉ COOH, мг/л							0.76	1.04	

теет к валанжин-юрским отложениям. Именно к указанной фазе приурочен импульсный скачок мак-симальных концентраций жирных газов (ТУВГ), а также органических веществ (ВРОВ), азота, аммония, углекислоты и водорода, что позволяет использовать указанные компоненты в качестве надёжных качественных и количественных гидрогеохимических индикаторов (а возможно и маркеров) выявления (и картирования) в геологическом разрезе зон и фаз нефте- и газогенерации и базовых критериев для разработки гидрогеохимических шкал и ряда теоретических положений нефтидогенеза.

Как отмечалось выше, сохранение в водах характеризуемой зоны (и фазы) повышенных концентраций таких геохимически активных и неустойчивых в системе компонентов, как водород и углекислый газ, а также заметный качественный (N₂/NH₃ приближается к 1) и количественный рост аммония указывают на свежесть или современное продолжение нефтегазогенерационных процессов, активное химическое (донорское) участие подземных (скорее всего, кристаллизационных и конституционных дегидратационных) вод в процессах нефтегазогенерационного преобразования органического вещества и поступление в результате этих процессов в систему избыточного водорода. Наличие активного водорода регулирует также соотношение в системе азота и аммония, т.е их совместную (а не опосредованную [23]) генерацию в процессе нефтегазообразования.

В некоторое противоречие с положениями (базирующимся на данных о составе сорбированных газов пород) о временном и пространственном разделении зон нефте- и газогенерации и спада генерации газа в ГЗН [9, 23 и др.] вступает выявленное в пределах характеризуемой территории (и толщи) пространственное (и стратиграфическое) совпадение главных мезокаталитических зон нефте- и газообразования.

Весьма интересно и глубинно-зональное (и фашиально-возрастное) генерационное распределение соотношений в водах органогенных компонентов (таблицы 3-4).

В течение всего литогенеза углекислый газ является основным стабильным продуктом деструкции рассеянного органического вещества (что также несколько не согласуется с положением теории нефтидогенеза о резком спаде генерации углекислого газа в главной зоне неф-

Таблица 3

Соотношение водорастворённых органических компонентов (%)
в подземных водах Обь-Иртышского междуречья

ГГК	P _{3-Q}	P ₁₋₂	K ₂	K ₁₋₂	K _{1 g-b}	K _{1 v}	K _{1 v-J₃}	J ₁₋₃	PZ
ΣУВГ	0.16	0.05	40.5	48	51.3	40.4	29.5	29.2	36.7
ΣСО ₂	87.6	70.5	46.3	31.8	19	21.1	38.59	46.4	40.9
ΣВРОВ	2.26	19.73	2.3	5.88	15.34	25.26	19.83	14.26	5.41
ΣN	8.47	8.86	9.27	11.5	11.32	9.36	10.45	8.69	14.59
ТУВГ	0.004	0.02	0.11	0.54	1.2	1.46	2.22	1.86	2.41
N ₂	8	8.3	7.3	9	9.1	7.3	7	5.6	8.2
NH ₃	0.55	0.69	2.44	3.04	2.69	2.5	4.18	3.76	7.66

Таблица 4

Соотношение водорастворённых органических компонентов (%)
в подземных водах Обь-Енисейского междуречья

ГГК	P _{3-Q}	P ₁₋₂	K ₂	K ₁₋₂	K _{1 g-b}	K _{1 v}	K _{1 v-J₃}	J ₁₋₃	PZ
ΣУВГ	0.2	0.28	0.93	14.89	28.29	29.43	25.86	24.09	45.51
ΣСО ₂	89.39	90.11	90.33	74.21	55.53	49.9	57.14	57.48	38.64
ΣВРОВ	1.23	1.0	1.07	2.26	4.94	10.67	10.87	10.48	5.14
ΣN	9.03	4.17	7.6	8.08	11.11	10.58	5.91	7.69	10.61
ТУВГ	0.0007	0.0004	0.0009	0.0339	0.1697	0.269	0.629	0.453	1.044
N ₂	8.79	4.03	7.14	7.58	10.15	9.89	5.18	5.53	5.88
NH ₃	0.24	0.18	0.47	0.51	1.0	0.84	0.77	2.21	4.78

теобразования [23 и др.] при заметном снижении его доли (до 50% от генерации) в водах неокских отложений в результате вывода его и ряда халькофильных и сидерофильных металлов из раствора при вторичном карбонатном минералообразовании (рис. 5-6).

С протокатагенеза генерация углеводородных газов становится соизмеримой с генерацией углекислого газа. С этой стадии начинается и заметная генерация жирных газов – индикаторов нефтегенерации, но максимум их выхода приходится на ранний мезокатагенез, что согласуется с общепринятыми теоретическими положениями.

Заметная, сопоставимая с углекислым и углеводородными газами, генерация в зоне главной фазы нефтеобразования водорастворённых органических веществ (жирных кислот и др.) не исключает прохождение части жирных углеводородов (протонепти) через водорастворённое (гетероатомное) состояние.

Стабильное (8.5 – 11.5%) обогащение пластовых вод азотными соединениями указывает на заметное участие в процессах нефтегазообразования гетероатомных органических соединений, что может быть использовано при количественной гидрогеохимической оценке прогнозных запасов углеводородов, учитывая определённую их геохимическую инертность и способность накопления в системе.

По Гецу [23] соотношение генераций CH₄ и NH₃ составляет 5.33, в то время как по балансовым расчётам А.Э.Конторовича и Е.А.Рогозиной [9] генерационный ряд имеет несколько иной вид – CO₂:УВ:H₂S:NH₃ = 24.3:4.37:2.28:1. Если взять указанные соотношения за генерационную основу и сравнить их с фактическим распределением органических компонентов в подземных водах нефтегазоносных отложений Томской области – CO₂:УВ:H₂S:NH₃:ВРОВ:J:H₂:(ТУВГ) = 3.06:4.33:0.04:1:1.57:0.09:0.0003:(0.14), то потеря (вывод из вод) CO₂ и H₂S составит соответственно 87.4% и 98.2%, что не противоречит теоретическим данным. Для углеводородов сохраняется близкое (4.33) к теоретическому превышение над аммонием по всему разрезу от верхней юры до верхнего мела (от 600 м до 2500 м). В нижне-среднеюрских и палеозойских комплексах дефицит УВ составляет 23.1% и 42.1% (99-169 мг/л на воду или 13.9-16.9 г/м³ на породу). Возможно, именно этот дефицит и лежит в основе формирования залежей нефти и газа в юрских отложениях Томской области.

Полученные результаты существенно дополняют ряд научных и прикладных положений учений о лито-, аква- и нафтидогенезе, значительно расширяя их теоретическую базу.

Намечается гидрогеохимический метод качественной и количественной оценки генерационных свойств осадочных комплексов, масштабов нефте-газогенерации (прогнозных запасов), стадийности и глубинной зональности проявления процессов лито-, аква-, рудо- и нефтидогенеза в терригенно-осадочных отложениях нефтегазоносных бассейнов.

Литература

1. Вернадский В.И. Химические элементы и механизм земной коры. Избр. соч. Т.1. - М.: АН СССР, 1954. - С.513-519.
2. Германов А.И., Пантелеев В.М., Швец В.М. Генетические связи органического вещества и микрокомпонентов. - М.: Недра, 1975. - 136 с.
3. Гуляева Л.А., Пунанова С.А. Микроэлементы в осадочных породах, пластовых водах, организмах и нефтях // ДАН СССР, 1974, т.218, №1, с.196-198.
4. Зульфугарлы Д.И. Распространение микроэлементов в каустобиолитах, организмах, осадочных породах и пластовых водах. - Баку: Азерб. Ун-т, 1960. - 232 с.
5. Карцев А.А., Гаттентбергер Ю.Н., Зорькин Л.М. и др. Теоретические основы нефтегазовой гидрогеологии. - М.: Недра, 1992. - 208 с.
6. Катченков С.М. Малые химические элементы в осадочных породах и нефтях. -Л.: Гостоптехиздат, 1959. - 272 с.
7. Конторович А.Э. Редкие и рассеянные элементы в пластовых водах нефтеносных отложений Западно-Сибирской низменности //Литол. и полез. ископ., 1963, №2, с.282-287.
8. Конторович А.Э., Берман Е.Л., Богородская Л.И. и др. Геохимия юрских и нижнемеловых отложений Западно-Сибирской низменности. - М.: Недра, 1971. - 251 с.
9. Конторович А.Э., Нестеров И.И., Салманов Ф.К. и др. Геология нефти и газа Западной Сибири. - М.: Недра, 1975. - 680 с.
10. Матусевич В.М. Геохимия подземных вод Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна. - М.: Недра, 1976. - 157 с.
11. Матусевич В.М., Попов В.К. Микрокомпоненты в подземных водах - показатели нефтегазоносности //Изв. ВУЗов. Нефть и газ, 1978, №8, с. 3-8.
12. Микроэлементы и прогнозирование нефтегазоносности. -Минск: Наука и техника, 1975.
13. Надилов Н.К., Котова А.В., Камьянов В.Ф. и др. Новые нефти Казахстана и их использование: металлы в нефтях. - Алма-Ата: Наука, 1984. - 448 с.
14. Назаров А.Д. Гидрогеологические показатели нефтегазоносности //Методы и средства разведки МПИ. - Томск: Томс. политехн. ин-т, 1977. - С. 10-13.
15. Назаров А.Д. Особенности распределения рудных компонентов в подземных водах мезозойских отложений юго-востока Западно-Сибирской плиты //Гидрогеох. мет. иссл. в целях поиск. глубокозалег. рудн. м-ний. - Томск: Том. политехн. ин-т, 1978. - С. 65-66.
16. Назаров А.Д. Геохимия гидрогенеза терригенно-осадочных отложений юго-восточной части Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции //Известия ТПУ, т. 303, вып. 1. - Томск: ТПУ, 2000. - С. 170 - 177.
17. Пунанова С.А. Микроэлементы нефтей, их использование при геохимических исследованиях и изучении процессов миграции. -М.: Недра, 1974. - 216 с.
18. Прокопьева Р.Г. Использование комплекса микроэлементов в качестве критерия нефтегазоносности объектов разведки //Тр. ЗапСибНИГНИ, вып.120, 1977. - С.49-51.
19. Удодов П.А., Назаров А.Д., Коробейникова Е.С. и др. Геохимические особенности поровых растворов горных пород. - М.: Недра, 1983. - 240 с.
20. Шварцев С.Л., Кузьмин С.П. Редкие и рассеянные элементы в подземных водах юго-востока Западно-Сибирского бассейна //Гидрогеол. нефтегаз. басс. Сибири.-Новосибирск: СНИИГГиМС, 1977. - С.85-90.
21. Hitchon B., Filby R.H., Shah K.R. Geochemistry of trace elements in crude oils, Alberta, Canada //The role of metals in petroleum. - Ann-Arbor, 1975, p.111-121.
22. Hodgson G.W., Peake E. Metal chlorin complexes in recent sediments as initial precursors to petroleum porphyrin pigments // Natura, 1961, v.191, p.766-770.
23. Hunt J.M. Petroleum Geochemistry and Geology.-New York: W.H.Freeman and Company, 1996. - 742 p.

GEOCHEMICAL PECULIARITIES OF A METAL DISTRIBUTION AND EPIGENESIS MANIFESTATIONS IN UNDERGROUND WATERS OF SOUTH-EAST PART OF THE WEST-SIBERIAN OIL-GAS PETROLIFEROUS PROVINCE

A.D. Nazarov

Significant changes of initial composition of water, rocks and dispersed organic matter is caused a post-sedimentation evolution of terrigene-sedimentary deposits of oil-gas-bearing basins. This process is also resulted in a significant (in 10-100000 times) enrichment of water solutions with the organic compounds and metals. There is some genetic interrelation between these compounds and metals concentrations in underground waters and the processes of litho-, hydro- and petroleum-genesis observed. Zones of maximal anomalously-impulse enrichment of waters with above compounds is significantly related with the zones of fundamental transformation of the water-rock system at hypergenesis and petroleum-genesis processes. Anomalies of metal concentrations were also noted nearby petroleum deposits.

Key words: metals, litho-genesis, hydro-genesis, petroleum-genesis, generation, zones, phases, migration