

исследуемом регионе мощность меловых отложений превышает суммарную мощность юрских отложений в несколько раз. Это не могло не сказаться на обогащении вод йодом при диагенезе и раннем эпигенезе. Из пород (особенно глинистых) отжимались вместе с поровой водой большие количества йода, поступающие в песчаные коллекторы. [6].

Кроме того, пластовые воды нефтегазоносных отложений с концентрацией йода более 10 мг/л [7] отнесены к категории промышленных. Такие воды наиболее широко развиты в меловых отложениях и только в западных районах Томской области в пределах Каймысовского свода, Среднеvasюганского мегавала, Нюрольской и Усть-Тымской впадин. В юрских отложениях в промышленных концентрациях йодоносные воды тяготеют к локальным участкам и приурочены к отдельным площадям Среднеvasюганского свода, восточной части Нюрольской впадины и площади Колпашевской Парабельского мегавала, а в доюрских образованиях встречаются только на площадях Южно-Мыльджинской и Верхнесалатской Среднеvasюганского мегавала, а также Нижетабаганской, Сельвейкинской и Тамбаевской Нюрольской впадины. Причем концентрации йода в подземных водах доюрских образований выше, чем в меловых отложениях. Это свидетельствует о целесообразности дальнейшего изучения подземных вод нефтяных месторождений в качестве источника для промышленного извлечения ряда компонентов, в частности йода.

Томская область имеет все предпосылки для формирования, наряду с нефтегазовой, еще одной отрасли ресурсодобывающей промышленности что позволит решить проблему импортозамещения по йоду.

#### Литература

1. Временные рекомендации по обоснованию запасов попутных вод нефтяных месторождений в качестве минерального сырья. - М., 1987. - 70 с.
2. Иванов В.Г., Силкина Т.Н., Янковский В.В. Распространение йода в подземных водах нефтегазоносных отложений Томской области // Обской вестник. 2001. №1 С.
3. Карцев А.А., Вагин С.Б., Шугрин В.П. Нефтегазовая гидрогеология. -М.: Недра, 1992. -208 с.
4. Кирюхин В.А., Коротков А.И., Шварцев С.Л. Гидрогеохимия. - М.: Недра, 1993. - 384 с.
5. Кудельский А.В. Гидрогеология, гидрогеохимия йода. - Минск: Наука и техника, 1976. - 216 с.
6. Перельман А.И. Геохимия природных вод. - М.: Наука, 1982. - 150 с.
7. Muramatsu Yasuyuki, Wedepoht K.Hans The distribution of iodine in the earth's crust // Chem. Geol. - 1998. - Vol. 147. - Ns 3-4. -P.201-216.

### РОЛЬ КАРБОНАТНЫХ МИНЕРАЛОВ ВОДОВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД В ФОРМИРОВАНИИ СОСТАВА ГРУНТОВЫХ ВОД МОЛДОВЫ

А.Н. Гроза (Тимошенкова)

*Научный руководитель заведующий лабораторией Гидрогеологии К.Е. Морару  
Институт Геологии и сейсмологии, Академия наук Молдовы,  
г. Кишинев, Молдова*

В водовмещающих породах первого от поверхности земли водоносного горизонта широко распространены карбонатные минералы, играющие важную роль в формировании состава грунтовых вод, путем обогащения их различными химическими элементами. Целью данной работы является изучение общей тенденции развития процесса насыщения грунтовых вод относительно кальцита, доломита и магнетита.

В настоящее время водоносные горизонты грунтовых вод Молдовы используются для индивидуального водопользования во многих населенных пунктах страны, преимущественно в сельской местности. В периоды отсутствия централизованной водоподачи, из-за технических аварий, часть водопунктов (шахтные колодцы и родники) имеют практическое значение для водопользования в городах.

*Методология исследований.* Фактическим материалом явились результаты опробования грунтовых вод страны в летние периоды 2012 - 2013 гг., с учетом качества анализов и разнообразия химических типов вод, были отобраны 98 проб из источников временного водоснабжения (родники, колодцы).

В основу изучения геохимических процессов в системе вода - порода положены методы равновесной термодинамики гидрогеохимических процессов и анализ элементарных реакций, начальными продуктами которых являются основные породообразующие минералы и вода, конечными – вторичные минералы, а также ионы и нейтральные молекулы, которые перешли в жидкую фазу [3]. Расчеты равновесия проводились с использованием компьютерной программы HydroGeo [1]. Для выяснения степени равновесности к отдельным минералам мы использовали методику построения полей устойчивости минералов, разработанную Р.М. Гаррелсом и Ч.Л. Крайстом [2].

*Результаты исследований.* Химический состав грунтовых вод характеризуется следующими показателями (см. таблицу). Общая минерализация вод варьирует в широких пределах от 0,25 и 7,06 г/л. В целом, исследуемые воды являются преимущественно слабощелочными (более 90% проб с показателями рН в пределах 7-8), пресными, с показателем минерализации варьирующей в пределах 0,5-1 г/дм<sup>3</sup> (43%) и слабосоленоватыми с показателями минерализации 1-3 г/дм<sup>3</sup> (43%). При среднем значении солёности 1,66 г/дм<sup>3</sup>, процентное соотношение соленоватых вод составляет 13%. (классификация степеней минерализации А.В.Щербачкова [4]).

Таблица

Статистические параметры грунтовых вод Молдовы (количество проб – 98)

Химический компонент, мг/л (кроме рН)	Значение				Стандартное отклонение	Дисперсия выборки	Коэффициенты	
	Мин-ое	Макс-ое	Среднее	стандартная ошибка среднего			асимметрии	эксцесса
минерализация	252,80	7062,54	1658,79	146,70	1452,24	2109005,41	1,91	3,45
рН	6,90	10,00	7,58	0,04	0,41	0,17	2,70	13,14
Na <sup>+</sup>	4,58	1277,06	285,64	29,50	292,00	85265,96	1,77	2,72
Mg <sup>2+</sup>	12,52	677,19	101,93	9,67	95,70	9158,86	3,14	13,84
Ca <sup>2+</sup>	17,64	601,80	121,34	10,67	105,58	11147,29	2,10	5,22
K <sup>+</sup>	1,42	84,08	19,67	1,92	18,97	359,84	1,77	2,72
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	177,80	1259,65	618,05	19,54	193,46	37428,12	0,68	0,57
Cl <sup>-</sup>	5,00	1539,40	140,33	23,06	228,32	52129,00	3,90	18,73
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	5,28	3851,52	635,18	82,79	819,61	671762,16	2,08	4,50
SiO <sub>2</sub>	2,00	33,00	8,64	0,43	4,22	17,80	2,49	10,83

В Молдове распространены следующие типы грунтовых вод по преобладающему содержанию анионов с различными комбинациями катионной составляющей (по С.А. Шукареву) (в скобках – % от общего числа исследуемых проб по убыванию): *I тип* – HCO<sub>3</sub>–Na–Mg, –Ca–Mg, –Mg–Ca, реже –Na, –Mg или –Ca, (38%); *II тип* – HCO<sub>3</sub>–SO<sub>4</sub>–Na, –Na–Mg, реже –Na–Ca, –Na–Ca–Mg, и –Na–Ca (23%); *III тип* – SO<sub>4</sub>–HCO<sub>3</sub>–Na–Mg, –Na, –Na–Ca, –Ca–Mg, –Mg–Ca, –Mg–Na (18%); *IV тип* – SO<sub>4</sub>–Na, –Na–Mg, –Ca–Mg, –Ca (12%); *V тип* – Cl–SO<sub>4</sub>–HCO<sub>3</sub>–Na, –Na–Mg, –Ca–Mg (5%), *VI тип* – HCO<sub>3</sub>–Cl–Na–Mg, –Na–Ca, –Ca–Mg, –Mg–Ca (4%).

Корреляционный анализ основных химических компонентов позволил отметить высокие коэффициенты корреляции для пар сульфатов, натрия, калия, магния с минерализацией (в убывающем порядке от 0.97 до 0.86). Также установились прямые зависимости между содержанием натрия, магния и калия с сульфатами (в среднем коэффициенты корреляции составили более 0.85).

**Равновесие с карбонатными минералами.** Термодинамические расчеты показали, что около 90% исследуемых вод достигают равновесия с кальцитом (CaCO<sub>3</sub>) (при среднем содержании кальция в 121.34 мг/л). В 50% вод всех химических типов можно отметить состояние пересыщенности вод кальцитом, о чем сообщает удаленное расположение фигуративных точек. Грунтовые воды, как и типичные воды зоны гипергенеза, удачно вписываются в общие представления о характере их равновесия с кальцитом. Согласно ему, воды с минерализацией более 0.6 г/л и одновременно рН более 7.4, достигают равновесия с карбонатом кальция [4], который в определенных геохимических условиях может не только растворяться, но и высаживаться из раствора в виде вторичного минерала. Совсем незначительная часть (около 8%) вод остается недонасыщенной относительно кальцита. В эту группу входят некоторые воды гидрокарбонатного и гидрокарбонатно-сульфатного типа. Маловероятно, что в этих водах кальций способен накапливаться в растворе в результате его выщелачивания из водовмещающих горных пород в условиях активного водообмена, так как показатели минерализации, рН и содержания кальция и гидрокарбонатов незначительно ниже.

Более интересную ситуацию можно пронаблюдать в отношении равновесия вод с доломитом (CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>). Здесь пересыщенные и насыщенные состояния немного уступают ненасыщенным (40 на 60%). Ввиду большего числа компонентов минерала, он будет образовываться значительно позже.

Анализ равновесия грунтовых вод Молдовы с магнетитом (MgCO<sub>3</sub>) продемонстрировал, что более 70% вод насыщены и пересыщены этим карбонатным минералом.

**Вывод.** Высокая скорость водообмена и непродолжительное время взаимодействия грунтовых вод с горными породами не помешали многим карбонатным минералам установить равновесие с ними. В результате чего, в системе вода - порода большая часть переходящих в раствор элементов связывается вновь образуемыми вторичными минералами: Ca – кальцитом и доломитом, а Mg – магнетитом. Согласно классификации [5] изучаемые подземные воды относятся к карбонатообразующему геохимическому типу. В случаях, где равновесие вод сдвигается в сторону недонасыщенности (в большей мере, при взаимодействии с доломитом) показатели величины минерализации достаточно низкие (менее 1 г/дм<sup>3</sup>) ввиду наличия гидравлической связи с поверхностными водами и атмосферными осадками.

#### Литература

1. Букаты М.Б. Разработка программного обеспечения для решения гидрогеологических задач // Известия Томского политехнического ун-та. – Томск, 2002. – Т. 305. – № 6. – С. 348 – 365.
2. Гаррелс Р.М., Крайст Ч.Л. Растворы, минералы, равновесия. – М: «Мир», 1968. – 367 с.
3. Гусева Н.В., Отакулова Ю.А. Геохимия подземных вод Приташкентского артезианского бассейна (Республика Узбекистан) // Известия ТашПУ - Ташкент, 2014. – Т. 325. – № 1. – С. 85 - 90.
4. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза (2-е изд. исправл. и доп.) – М.: «Недра», 1998. – 366 с.
5. Shvartsev S.L. The system water-rock-gas-organic matter of V Vernadsky // Procedia Earth and Planetary Science 2013. – № 7. – P. 810 – 813.