

## **ВЛИЯНИЕ ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПЕРМСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ СОСТАВА ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН**

© 2018 г. Р. Х. Мусин

*Казанский федеральный университет, г. Казань. E-mail: Rustam.Musin@kpfu.ru*

### **Введение**

Республика Татарстан расположена на востоке Русской платформы. Верхняя часть ее разреза сложена полигенными отложениями пермской, юрской, меловой, неогеновой и четвертичной систем. В этой осадочной толще локализованы подземные воды разнообразного состава и варьирующей минерализации. Мощность зоны пресных подземных вод достигает 250–300 м. Общая величина их ресурсов составляет 5.46 млн м<sup>3</sup>/сут [4]. При площади Татарстана 68000 км<sup>2</sup>, средний модуль подземного стока пресных подземных вод — 0.93 л/с×км<sup>2</sup>. Формирование состава этих вод первоначально определяется взаимодействием инфильтрующихся атмосферных осадков с породами разреза. Цель работы — анализ начального этапа формирования состава пресных подземных вод в поле развития пермской осадочной толщи.

### **Объекты и методы исследования**

Объектами исследования явились особенности состава подземных вод, преобладающие разновидности пермских пород и их разрезы. Основные использованные методы исследований — метод водных вытяжек и комплексный гидрогеохимический анализ пермских разрезов в водораздельных областях.

Стратиграфический объем пермских отложений в приповерхностной зоне (выше уреза рек) Татарстана включает образования от сакмарского яруса нижней перми до вятского яруса верхней перми. Максимальным площадным распространением характеризуются отложения казанского и уржумского ярусов средней перми, которые занимают более 2/3 территории Татарстана. Первые обычно вскрываются в нижней и средней части водораздельных склонов, а вторые — в верхней части большинства водоразделов. Казанские отложения отличаются отчетливо проявленной вертикальной и латеральной литолого-фациальной зональностью. На значительной части территории Татарстана вверх по разрезу отмечается смена морских терригенно-карбонатных (сульфатно-терригенно-карбонатных) отложений континентальными карбонатно-терригенными. По латерали такое замещение отмечается в направлении с запада на восток [1, 2]. Кроме этого, отложения казанского яруса характеризуются четко выраженной ритмичностью. Седиментационные ритмы обычно начинаются песчаниками и завершаются карбонатными породами. В полных разрезах казанского яруса насчитывается не менее 7 ритмов. Морские отложения отличаются преобладанием карбонатной и глинистой компоненты, а также серой окраской, мощности отдельных прослоев при этом могут достигать 8–10 м, реже более.

Континентальные образования обычно представлены песчано-глинистыми породами пестрой (красноцветной) окраски, мощности отдельных прослоев редко когда превышают 3–5 м. Уржумские отложения характеризуются незакономерным чередованием терригенных и карбонатных пород, при существенном преобладании первых, имеющих пеструю окраску. Толщины отдельных прослоев обычно также не превышают 3–5 м. Общая мощность казанских отложений может достигать 160–200 м, а уржумских — 120 м.

Особенности разрезов среднепермских отложений определяют развитие здесь межпластовых подземных вод. Области их питания являются водораздельные зоны, а областями разгрузки — речные долины. В пределах первых наряду с латеральной фильтрацией проявлено и нисходящее перетекание. Годовая норма осадков в Татарстане составляет ~500 мм/год, из них доля эффективных осадков — 12–15%.

Подземные воды пермских отложений обладают варьирующими в широких пределах составом и минерализацией. В областях преобладания природных факторов в формировании состава подземных вод их минерализация постепенно увеличивается вниз по разрезу и в направлении к зонам разгрузки от 0.15–0.2 до 0.6–1.0 г/л (участками 2–2.5 г/л). При этом состав подземных вод изменяется от гидрокарбонатных кальциевых и магниевых-кальциевых до гидрокарбонатных натриевых и сульфатных магниевых-кальциевых (в наименовании типа воды компоненты перечисляются в порядке увеличения %-мольных концентраций, согласно [8]). Данные гидрогеохимические особенности хорошо объясняются разной длительностью взаимодействия воды с карбонатно-терригенным (участками сульфатно-карбонатно-терригенным) водовмещающим минеральным матриксом. Техногенный фактор в формировании состава подземных вод играет значительную роль на территории населенных пунктов, в пределах крупных промышленных зон, в районах поверхностных полигонов захоронения различных отходов, а также на площадях крупных нефтяных месторождений, разрабатываемых уже более 50 лет. Минерализация подземных вод здесь может достигать 5–12 г/л, а жесткость 80–135 ммоль/л [3, 5, 6, 9].

В областях преобладания природных факторов в формировании состава подземных вод не отмечается каких-либо существенных гидрогеохимических изменений за последние 50–60 лет [6]. Это может быть связано как со снижением уровня техногенного воздействия на подземную гидросферу, связанного с кризисными явлениями в российской экономике, так и с высокой буферной емкостью зоны аэрации, практически повсеместно характеризующейся довольно значительной карбонатностью и глинистостью. Природные факторы определяют развитие таких гидрогеохимических процессов, как уголекислотное выщелачивание карбонатно-терригенных пород, выщелачивание и растворение гипсов, гидролиз терригенных пород, сорбция и ионный обмен и др., которые с разной интенсивностью протекают в водовмещающих средах различного состава и возраста. Для определения характера протекания этих процессов в системе «вода – порода» нами проанализировано более ста водных вытяжек с основных разновидностей пермских пород, а также почв и покровных четвертичных образований отдельных районов Татарстана. Подготовка вытяжек осуществлялась следующим образом: 100 г размельченной породы заливались 1 л воды. Через одни сутки вытяжка фильтровалась и подвергалась аналитическим исследованиям. При подготовке вытяжек использовалась разнотипная вода — дистиллированная, талая снеговая и родниковая. Талая снеговая вода характеризовалась  $\text{SO}_4\text{-HCO}_3/\text{Na-Ca}$  составом, ее минерализация варьировала в диапазоне 0.016–0.07 г/л, а pH 5.86–6.64. Родниковая вода имела  $\text{HCO}_3/\text{Ca}$  и  $\text{SO}_4\text{-HCO}_3/\text{Mg-Ca}$  состав, минерализацию 0.30 и 0.47 г/л. В вытяжках определялись pH, электропроводность, мутность, цветность, перманганатная окисляемость, содержания:  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Li}^+$ ; а также концентрации Fe, Mn, Pb, Ni, Cd, Cu, Co, Cr, Zn. Ионный состав анализировался с помощью ионных хроматографов Dionex ICS-1600, а металлы детектировались на атомно-абсорбционном спектрометре ContrAA700. Составы водных вытяжек сопоставлялись с составами вод родников, расположенных в верхней части водораздельных склонов вне зон интенсивного техногенного воздействия. Такие родники имеют нисходящий характер и обычно отличаются минимальной минерализацией (127–250 мг/л) и жесткостью (1.9–5.4 ммоль/л). Формирование их состава определяется непродолжительным взаимодействием атмосферных осадков с почвами и пермскими породами.

Роль литолого-фациального фактора в формировании состава подземных вод определялась и по анализу данных гидрогеохимического исследования водораздельных участков. Здесь проявлена, преимущественно, нисходящая фильтрация, т.к. поверхностные водоразделы в Татарстане обычно являются и водоразделами подземных вод. Формирование состава подземных вод на таких участках определяется взаимодействием литогенной составляющей первоначально с атмосферными осадками, а далее — уже с их трансформированными «дериватами». Данное взаимодействие может быть отражено концентрационными градиентами, которые определяются так [5]:

$$\text{grad}C = \frac{C_2 - C_1}{h_2 - h_1},$$

где  $\text{grad}C$  — градиент концентраций (мг/л×м, ммоль/л×м и т. д.);  $C_2$  и  $C_1$  — концентрации компонентов (значения параметров) в подземных водах на глубинных уровнях, соответственно,  $h_2$  и  $h_1$ .

Для получения наиболее объективной картины целесообразно выделение концентрационных градиентов на нескольких глубинных уровнях — до 50, 50–100 и более 100 м. Для первого глубинного интервала  $C_1$  отражает характеристики атмосферных осадков, а  $h_1$  равно нулю. Для второго и третьего интервалов используются параметры водоносных горизонтов соответствующих глубин. Для расчета концентрационных градиентов необходимы скважины, расположенные в приосевых частях поверхностных водоразделов, в которых последовательно было проведено опробование нескольких разноглубинных водоносных горизонтов (рис.). Подавляющая часть вскрытых скважинами водоносных горизонтов залегает в стратиграфическом интервале уржумского и казанского ярусов.

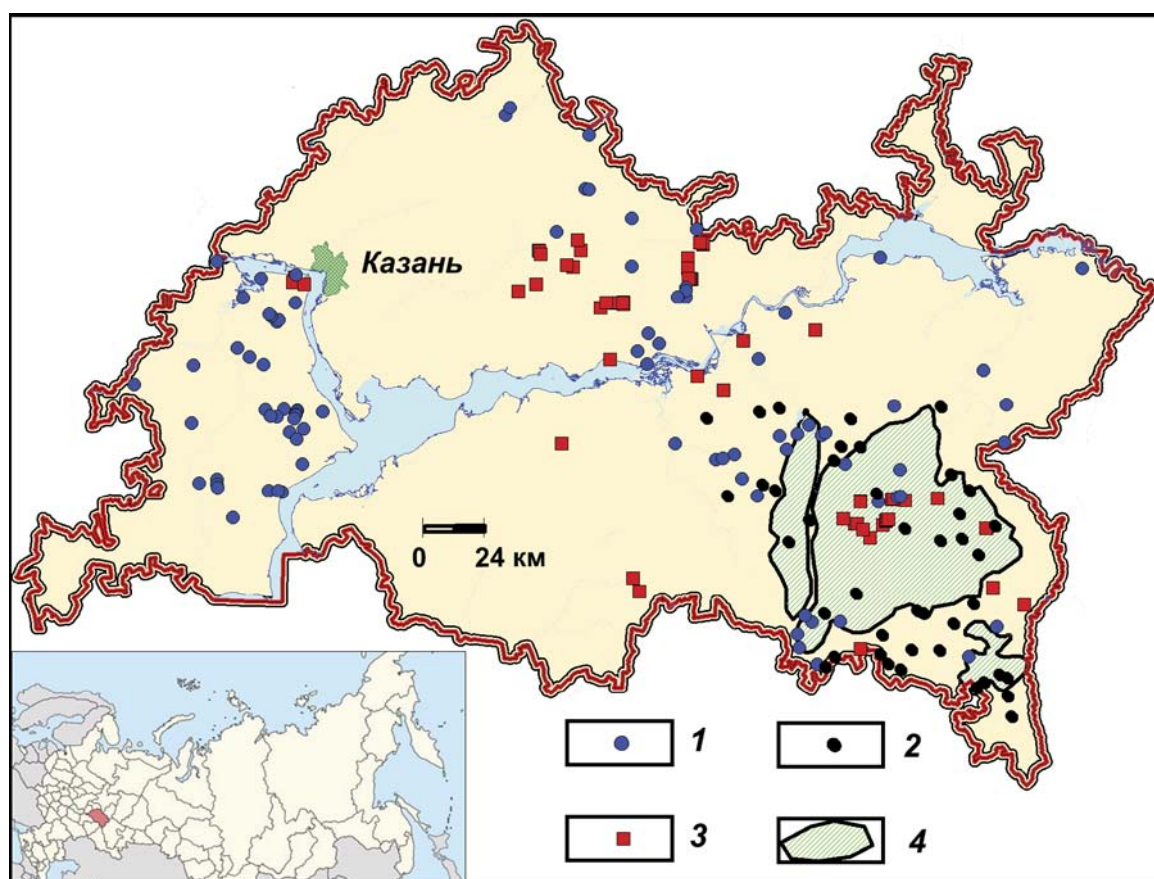


Рис. Расположение изученных объектов в пределах Республики Татарстан

Условные обозначения: 1 — родники с минерализацией воды менее 250 мг/л; 2 — скважины; 3 — пункты опробования пермских отложений; 4 — площади крупных нефтяных месторождений.

Концентрационные градиенты определены по 44 водораздельным скважинам для трех глубинных уровней, а также для разных типов разрезов — преимущественно терригенных, карбонатно-терригенных, без проявления гипсов и с их наличием (отдельные желваки и прожилки, реже прослойки мощностью до 1–2 м) разрезов, испытывающих влияние нефтегазразработок. Дополнительно, полученные значения концентрационных градиентов всех основных компонентов состава подземных вод были подвергнуты корреляционному анализу. В этом анализе учитывались глубина залегания, возраст, мощность и литологические особенности водоносных горизонтов.

### Результаты и их обсуждение

Анализ водных вытяжек на разнотипной воде показал, что максимальной выщелачивающей активностью обладают атмосферные осадки и дистиллированная вода (табл. 1, 2). Табличные данные наглядно иллюстрируют, что основными минерализаторами подземных вод являются почвы, гли-

ны и карбонатные породы. Даже кратковременное взаимодействие с ними атмосферных осадков приводит к формированию растворов, составы которых практически аналогичны составу наименее минерализованных родниковых вод. Особых различий в составе вытяжек с пород одного литотипа, отличающихся лишь фаціальными условиями формирования, не выявлено.

Таблица 1

**Характеристика водных вытяжек на основе талой снеговой воды**

Литотипы	Индекс возраста	Кол-во проб	Минерализация, мг/л	Жесткость, ммоль/л
Почва	Q	20	116–310 (78–241)	1.4–2.9 (1.0–2.6)
Суглинок	Q	16	107–266 (86–197)	0.6–1.6 (0.3–1.4)
Песчаник	P <sub>1–3</sub>	22	33–230 (26–204)	0.25–1.1 (0.14–1.0)
Алеврит	P <sub>2</sub>	5	101–186 (64–117)	1.2–1.5 (0.9–1.1)
Глина	P <sub>2–3</sub>	18	72–410 (31–394)	0.6–4.1 (0.3–4.0)
Мергель	P <sub>2</sub>	5	102–228 (65–159)	1.1–1.5 (0.8–1.2)
Известняк	P <sub>2</sub>	7	141–285 (72–216)	1.4–2.8 (1.1–2.5)
Доломит	P <sub>2</sub>	4	174–227 (105–158)	2.4–3.0 (2.1–2.7)

**Примечание:** в двух последних графах первые цифры отражают абсолютные значения, а цифры в скобках — приращения соответствующих параметров относительно характеристик первичной (снеговой) воды.

Таблица 2

**Сопоставление составов родниковых вод с составами водных вытяжек на основе дистиллированной и талой снеговой воды**

Выборка	Кол-во проб	Сухой остаток, мг/л	Жесткость, ммоль/л	Окисляемость, мгО/л	Компоненты, мг/л				
					HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	(Na+K) <sup>+</sup>
Родниковые воды (P <sub>2–3</sub> )	100	$\frac{127-250}{222-26}$	$\frac{1.9-5.4}{4.1-0.6}$	$\frac{0-8.5}{2.6-1.8}$	$\frac{92-317}{225-48}$	$\frac{0-46}{9.7-9.0}$	$\frac{0-41}{7.4-7.1}$	$\frac{0-24}{7.9-5.9}$	$\frac{0-24}{7.2-5.8}$
Почвы (Q)	43	$\frac{27-226}{99-51}$	$\frac{0.3-3.5}{1.2-0.7}$	$\frac{1-17}{9.2-3.5}$	$\frac{12-214}{100-56}$	$\frac{0.5-37}{4.8-6.0}$	$\frac{0.6-29}{2.9-4.3}$	$\frac{0-94}{3.0-14}$	$\frac{2-36}{8.3-8.4}$
Суглинки (Q)	24	$\frac{42-182}{95-36}$	$\frac{0.4-2.3}{1.1-0.6}$	$\frac{0-15}{8.0-5.1}$	$\frac{24-160}{83-40}$	$\frac{1.4-35}{10-9.4}$	$\frac{0.4-6.9}{2.1-1.8}$	$\frac{0-3.4}{0.6-0.5}$	$\frac{2.4-31.2}{10.6-9.3}$
Песчаники (P <sub>1–3</sub> )	36	$\frac{26-165}{73-28}$	$\frac{0.2-2.1}{0.9-0.5}$	$\frac{1.1-11}{4.9-2.8}$	$\frac{12-134}{65-30}$	$\frac{1.0-29}{5.2-7.9}$	$\frac{0.4-6.6}{1.1-0.9}$	$\frac{0.2-6.8}{1.3-1.1}$	$\frac{2-57}{6.1-9.5}$
Глины (P <sub>2–3</sub> )	28	$\frac{41-411}{113-119}$	$\frac{0.5-4.3}{1.4-1.3}$	$\frac{0-9.0}{4.1-2.8}$	$\frac{36.6-104}{74-23}$	$\frac{1.3-224}{14-28}$	$\frac{0.7-3.5}{1.3-0.6}$	$\frac{0.2-13}{2.2-3.7}$	$\frac{2.2-32}{8.1-10.4}$
Карбонатные породы (P <sub>2</sub> )	28	$\frac{76-285}{151-38}$	$\frac{0.8-3.0}{1.8-0.6}$	$\frac{0-4.5}{1.5-0.3}$	$\frac{37-220}{110-44}$	$\frac{14-100}{30-15}$	$\frac{0.4-11}{2.2-1.4}$	$\frac{0-13.2}{2.5-2.4}$	$\frac{2.3-26}{4.2-6.3}$

**Примечание:** в числителе приведены предельные значения (минимум – максимум), в знаменателе — среднее и стандартное отклонение.

Соответствие отмечается практически по всем компонентам и параметрам, за исключением жесткости и концентраций HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Максимальные содержания гидрокарбонатов в вытяжках составляют 220 мг/л, при преобладающих значениях 50–160 мг/л, а их преобладающие содержания в родниковых водах превышают 180 мг/л. Это связано с тем, что формирование состава вытяжек в лабораторных условиях проходило при концентрации CO<sub>2</sub> в атмосферном воздухе 300 ppm. А формирование состава подземных вод проходит при более высоком его содержании.

По данным газовой съемки анализатором Escorobe-5, проведенной нами во многих районах Татарстана, содержания CO<sub>2</sub> на уровне почвенного и подпочвенного горизонтов (на глубинах до 1.5 м) составляют 800–120000 ppm. Следовательно, подземные воды в зоне аэрации и в зоне

насыщения характеризуются как более высокими содержаниями гидрокарбонатов, так и более высокой углекислотной агрессивностью и выщелачивающей способностью. Длительностью взаимодействия таких вод с минеральным матриксом можно объяснить практически все особенности состава пресных подземных вод в техногенно слабонарушенных районах Татарстана.

Из пород во взаимодействующую с ними дистиллированную и талую снеговую воду часто активно переходят (в мг/л): Fe — до 7.4; Mn — до 0.5 и Pb — до 0.27. При этом основными их «поставщиками» являются дерново-подзолистые и черноземные почвы, и пермские глины.

Вертикальные концентрационные градиенты, полученные по обработке геологических и гидрогеохимических данных по «водораздельным» скважинам, расположенным в нефтяном регионе Татарстана, приведены в таблице 3. Они довольно информативны (близкие значения градиентов были получены и по изучению «водораздельных» скважин и в западной части Татарстана [7]), при этом следует отметить следующее:

Таблица 3

### Значения концентрационных градиентов при вертикальной нисходящей фильтрации в пермских отложениях нефтяного региона Татарстана

Параметры	Глубина залегания, м	Терригенные разрезы		Карбонатно-терригенные разрезы		Разрезы с влиянием нефтеразработок	
		«нормальные»	с гипсом	«нормальные»	с гипсом	«нормальные»	с гипсом
Минерализация	до 50	3.3–7.2	6.3	4.3–7.0	4.6–16.3	11.4–34	6.4–60.5
	50–100	(–1.1)–1.7	4.1–44.9	0.1–2.8	1.6–79.2	(–35)–(–4.4)	(–4)–63.2
	>100	0.1–0.6	1.2–17.6	(–2)–3.9	0.9–149	(–28)–17.7	
Жесткость общая	до 50	0.06–0.1	0.1	0.07–0.1	0.1–0.32	0.11–0.51	0.1–0.76
	50–100	(–0.1)–0	0–0.64	(–0.1)–0.1	0–0.84	(–0.7)–0.1	0–0.4
	>100	0.003	(–0.1)–0.1	(–0.03)–0	0.01–1.7	(–0.2)–0.2	
HCO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	до 50	3.6–7.4	до 4.9	4.5–6.8	4.2–5.3	2.5–7.0	0.5–3.8
	50–100	(–1.2)–1.8	(–2.7)–(–1.6)	(–1.1)–2.4	(–4.7)–3.5	0.6–3.7	(–6.4)–0.9
	>100	(–0.8)–0.4	(–1.7)–1.6	(–1.6)–0.1	(–6.6)–(–0.2)	(–11.1)–3.7	
Cl <sup>–</sup>	до 50	0.08–0.26	0.3	0–0.29	0–0.26	4–17.5	0.82–24.5
	50–100	0–0.12	0.12–0.3	0–0.17	0–1.2	(–25)–0.9	5.4–6.9
	>100	0.01–0.08	0–1.2	0–0.6	0–1.66	(–2.8)–12.9	
SO <sub>4</sub> <sup>2–</sup>	до 50	0–0.21	1.2	0–0.33	0.9–5.8	0–0.8	1.67–4.7
	50–100	(–0.3)–0.5	3.4–33.6	(–0.1)–0.7	1.1–59.3	(–0.2)–1.1	1.2–43.0
	>100	(–0.1)–0.1	1.7–11.5	(–0.3)–0.2	0.9–112.3	(–1.9)–3	
Ca <sup>2+</sup>	до 50	0.1–1.22	1.2	0.5–1.1	0.9–4.8	0.94–6.4	0.9–18.0
	50–100	(–1.1)–0.1	0–11.3	(–0.2)–0.5	0–15.1	(–9.3)–0.7	1.6–4.1
	>100	(–0.1)–0.1	(–0.5)–0.6	(–0.2)–0.1	0–23.4	(–1.6)–5.1	
Mg <sup>2+</sup>	до 50	0.03–0.94	0.4	0.3–0.95	0.54–0.93	0.8–2.3	0–4.2
	50–100	(–0.2)–1.2	0.8–0.9	(–0.3)–0.26	0–1.53	(–2.4)–0.5	(–1.2)–2
	>100	0–0.12	(–0.4)–0.4	(–0.2)–0.05	0.02–18	(–1.2)–0.4	
Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	до 50	0–0.66	0.7	0.13–0.8	0.01–0.6	0.1–6.0	0.8–1.5
	50–100	0–1.0	0.4–2.2	0–1.0	0.3–7.5	(–3.0)–1.1	0.1–12.3
	>100	0.03–0.19	1.5–6.4	0–1.7	0.05–12.1	(–5.6)–2.7	

**Примечание:** единицы измерения жесткости — ммоль/л×м, остальных параметров — мг/л×м; значения градиентов для первого глубинного уровня определены с учетом состава атмосферных осадков.

- основной уровень минерализации подземных вод в незагипсованных разрезах вне контуров разрабатываемых нефтяных месторождений складывается уже на самом верхнем 50 м интервале, где фиксируются максимальные градиенты большей части компонентов;
- при наличии гипса резкий рост солесодержания подземных вод обычно отмечается с глубин 40–70 м, тогда как более верхний интервал является довольно хорошо промытым;

- техногенный фактор в виде разработки нефтяных месторождений на формирование состава подземных вод может оказывать влияние, на порядок превышающее роль природных факторов в виде литолого-фациального строения водовмещающего разреза;
- в районах нефтеразработок нефтяное (хлоридное) загрязнение может проявляться как «сверху» (за счет утечек попутных нефтяных вод) и в этом случае максимальные градиенты минерализации и концентраций хлоридов и др. компонентов отмечаются в самой верхней части разреза, так и «снизу» (за счет восходящих заколонных перетоков), при этом повышенные значения градиентов фиксируются с глубины 100–120 м; глубинный же интервал 50–100 м может являться областью развития наименее минерализованных и жестких подземных вод;
- отрицательные значения концентрационных градиентов связаны в основном с процессами сорбции и высаливания (выпадением из раствора карбонатов кальция), к которым в контурах нефтяных месторождений добавляется возможность проявления хлоридного загрязнения лишь в самой верхней части разреза;
- на участках незагипсованных разрезов и вне зон нефтеразработок жесткость перестает увеличиваться с глубин 80–100 м, с этого же уровня часто отмечается уменьшение концентраций гидрокарбонат-иона, что прямо указывает на частичное отложение карбонатов кальция и магния, и смену по вертикали гидрокарбонатных магниевых-кальциевых вод гидрокарбонатными натриевыми и гидрокарбонатно-сульфатными смешанными по катионам подземными водами.

Значения большей части концентрационных градиентов определяются, прежде всего, литологическими особенностями коллекторов подземных вод и влиянием процессов нефтедобычи, меньшую роль играет глубинный фактор (табл. 4). Роль таких параметров как возраст и мощность водовмещающих пород сведена практически к нулю. Значимые отрицательные связи градиентов гидрокарбонатов с параметром возраста пород связаны с характером его оцифровки — каждому стратиграфическому подразделению присваивалось цифровое значение, которое увеличивалось вниз по разрезу. В связи с этим, данные отрицательные корреляционные связи определяются глубиной залегания.

Таблица 4

#### Корреляционные связи значений градиентов концентраций основных компонентов состава подземных вод с параметрами водоносных горизонтов

Параметры водоносных горизонтов	Градиенты							
	Минерализация	Жесткость	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	(Na+K) <sup>+</sup>
Глубина кровли	0.07	-0.07	<b>-0.73</b>	-0.17	<b>0.52</b>	0.03	-0.27	0.12
Глубина подошвы	-0.03	-0.14	<b>-0.68</b>	-0.23	<b>0.41</b>	-0.06	-0.30	0.02
Мощность	-0.23	-0.19	-0.06	-0.19	-0.14	-0.20	-0.14	-0.20
Возраст	0.08	-0.01	<b>-0.57</b>	0.07	0.25	0.06	-0.16	0.17
Терригенные породы (континентальные фации)	-0.24	-0.19	0.23	-0.02	<b>-0.44</b>	-0.26	0.00	-0.09
Терригенные породы (морские фации)	0.06	0.00	<b>-0.35</b>	-0.05	<b>0.31</b>	0.07	-0.13	0.03
Глинистые породы	<b>-0.33</b>	<b>-0.46</b>	-0.21	-0.21	-0.22	<b>-0.46</b>	-0.26	0.21
Карбонатные породы	<b>0.43</b>	<b>0.43</b>	0.18	0.16	<b>0.35</b>	<b>0.43</b>	0.26	0.11
Сульфатные породы	<b>0.41</b>	<b>0.29</b>	<b>-0.49</b>	0.10	<b>0.66</b>	<b>0.37</b>	0.01	0.23
Разрезы с влиянием нефтеразработок	<b>0.51</b>	<b>0.53</b>	0.02	<b>0.76</b>	-0.08	<b>0.49</b>	<b>0.45</b>	<b>0.32</b>

**Примечание:** полужирным шрифтом приведены значимые коэффициенты парной корреляции.

Терригенные породы, в составе которых учитывались и глины, не отличаются особо значимым влиянием на поведение концентрационных градиентов. Но отдельно выделенные глинистые породы наряду с карбонатными и сульфатными породами играют основную роль в формировании состава подземных вод. Необходимо отметить двойственную роль глин. В зоне аэрации они

являются основными минерализаторами инфильтрующихся подземных вод. В составе же водоносных горизонтов при наличии карбонатных и (или) сульфатных они начинают играть роль сорбционных барьеров, способствующих снижению концентраций большинства компонентов и минерализации воды в целом. Очень важным является также прямо противоположное поведение градиентов гидрокарбонатов и сульфатов, которое в первую очередь определяется глубинным фактором и связано с насыщением подземных вод карбонатами кальция и возможностью их выпадения в осадок при выщелачивании гипсов.

### Выводы

Особенности состава подземных вод в верхней части разреза Республики Татарстан вне зон интенсивного техногенного воздействия в первую очередь определяются взаимодействием атмосферных осадков с минеральным матриксом. Максимальной минерализующей ролью характеризуются почвы, а также глины, карбонатные и сульфатные породы пермской системы. Определяющий вклад в формирование минерализации и состава подземных вод оказывают литологические особенности водоносных горизонтов в виде соотношения сульфатных, карбонатных и глинистых пород, а также глубина их залегания, определяющая время взаимодействия в системе «вода – порода».

Выявленные значения концентрационных градиентов и характер их поведения можно использовать и для прогноза гидрогеохимических условий в областях преобладающей нисходящей фильтрации в верхней части разреза с известными геоэкологическими условиями. Это необходимо, прежде всего, для рационального размещения и обустройства одиночных скважинных питьевых водозаборов и прогнозно-перспективных оценок развития технических и, возможно, минеральных вод с заданными соотношениями макрокомпонентов.

### Литература:

1. Геологические памятники природы Республики Татарстан / *Под ред. И.А. Ларочкиной; науч. ред. В.В. Сулантьев.* – Казань: Акварель-Арт, 2007. – 296 с.
2. Геология Татарстана: Стратиграфия и тектоника / *Под ред. Б.В. Булова.* – М.: ГЕОС, 2003. – 402 с.
3. Гидрогеоэкологические исследования в нефтедобывающих районах Республики Татарстан / *Под ред. А.И. Короткова и В.К. Учаева.* – Казань: Изд-во НПО «Репер», 2007. – 300 с.
4. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2015 г. – Казань, 2016. – URL: [http://eco.tatarstan.ru/rus/file/pub/pub\\_619802.pdf](http://eco.tatarstan.ru/rus/file/pub/pub_619802.pdf).
5. *Мусин Р.Х., Калкаманова З.Г.* Геохимия пресных подземных вод в областях нефтяного техногенеза (на примере Татарстана) // Георесурсы, геоэнергетика, геополитика. – 2015. – Вып. 2(12). – 14 с.
6. *Мусина Р.З., Мусин Р.Х.* Техногенез и качественное состояние гидrolитосферы Республики Татарстан // Техногенные процессы в гидrolитосфере (идентификация, диагностика, прогноз, управление, оптимизация и автоматизация): 2-й национальный научн. форум «Нарзан–2013»: Сборник докладов. 25.09.2013–27.09.2013. Кисловодск. – Пятигорск: РИА–КМВ, 2013. – С. 170–186.
7. *Нуриев И.С., Мусин Р.Х.* Ресурсы и условия формирования состава пресных подземных вод в Предволжском регионе Татарстана // Водохозяйственные проблемы и рациональное природопользование: материалы всерос. научн.-практ. конф. в 2 ч. / Орен. ун-т, Перм.ун-т. – Оренбург; Пермь, 2008. – Ч. 1. – С. 239–244.
8. Отраслевой стандарт. Воды подземные. Классификация по химическому составу и температуре. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1986. – 12 с.
9. *Musin R.Kh., Kurlyanov N.A., Kalkamanova Z.G., Korotchenko T.V.* Environmental state and buffering properties of underground hydrosphere in waste landfill site of the largest petrochemical companies in Europe // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2016. – V. 33. – P. 1–6.