

О ВЛИЯНИИ ПОЧВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ГРУНТОВЫХ ВОД В ПРЕДЕЛАХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Р.Х. МУСИН*, А.Р. ГАЛИЕВА, Т.Г. КУДБАНОВ, З.Г. КАЛКАМАНОВА, Н.А. КУРЛЯНОВ

*Казанский (Приволжский) федеральный университет
18, ул. Кремлевская, г. Казань 420008, Россия*

АННОТАЦИЯ

Верхняя часть разреза Республики Татарстан сложена комплексами полифациальных средне- и верхнепермских, мезозойских и плиоцен-четвертичных отложений. Поверхностные и подземные воды характеризуются здесь широкой вариабельностью состава и минерализации. Эти вариации определяются природными и техногенными факторами. Важнейшим природным фактором является взаимодействие атмосферных осадков и их дериватов с почвами и породами разреза. Для оценки масштаба этого взаимодействия были проанализированы водные вытяжки с основных разновидностей почв на основе дистиллированной и талой снеговой воды. Составы водных вытяжек сопоставлены с составами наименее минерализованных (до 250 мг/л) родниковых вод. Определены компоненты, главным поставщиком которых в верхней части разреза являются почвы. Это органическое вещество, азотные соединения в нитритной и аммонийной форме и, в меньшей степени, железо с марганцем. Показано, что составы грунтовых вод вне зон техногенного воздействия во многом определяются взаимодействием атмосферных осадков с почвенным покровом. Это исходит из того, что водные вытяжки с почвенных образцов имеют преобладающую минерализацию не менее 100 мг/л, а минимальная минерализация родниковых вод обычно составляет 150—200 мг/л. Максимальной минерализующей ролью характеризуются почвы в пределах лесных массивов и луговых участков, минимальной — почвы речных долин; почвы обрабатываемых полей обладают промежуточными показателями состава водных вытяжек. Максимальное количество хорошо растворимых в воде минеральных и органических комплексов отмечается в черноземных и серых лесных почвах, а минимальное их количество — в сероцветных дерново-подзолистых почвах.

Ключевые слова: почвенный покров, грунтовые воды, водные вытяжки, выщелачивание, черноземные и дерново-подзолистые почвы

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Мусин Р.Х., Галиева А.Р., Кудбанов Т.Г., Калкаманова З.Г., Курлянов Н.А. О влиянии почв на формирование химического состава грунтовых вод в пределах Республики Татарстан. *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 2020;63(1):90—99. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2020-63-1-90-99>

* Автор, ответственный за переписку

SOIL INFLUENCE ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF GROUND WATERS IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN

RUSTAM Kh. MUSIN*, ALBINA R. GALIEVA, TIMUR G. KUDBANOV,
ZILYA G. KALKAMANOVA, NIKITA A. KURLYANOV

Kazan Federal University
18, Kremlyovskaya str., Kazan 420008, Russia

ABSTRACT

The upper section part of the Republic of Tatarstan comprises complexes of poly-facial Middle and Upper Permian, Mesozoic, and Pliocene-Quaternary sediments. Surface and groundwater here is characterised by wide variations in composition and mineralisation due to natural and technogenic factors. The most important natural factor is the interaction of atmospheric precipitation and its derivatives with the soils and rocks of the section. To assess the scale of this interaction, water extracts from the main soil varieties based on distilled and melt snow water were analysed. The composition of aqueous extracts was compared with that of the least mineralised (up to 250 mg/l) spring water. The compounds delivered to the upper part of the section by soils include organic matter, nitrogen compounds in nitrite and ammonium forms and, to a lesser extent, iron and manganese. It is shown that the composition of groundwater outside zones of technogenic impact is largely determined by the interaction of atmospheric precipitation with the soil cover. This is explained by the fact that water extracts from soil samples have a mineralisation of over 100 mg/l, while the minimum mineralisation of spring water is 150—200 mg/l. Soils within forests and meadows are characterised by the maximum mineralising role. The soils of river valleys and cultivated fields contribute to water mineralisation to a lesser extent. The maximum amount of mineral and organic complexes that are readily soluble in water was found in blacksoils and grey forest soils, while their minimum was determined in grey-coloured sod-podzolic soils.

Keywords: soil cover, groundwater, water extracts, leaching, chernozem and sod-podzolic soils

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

Financial disclosure: no financial support was provided for this study.

For citation: Musin R.Kh., Galieva A.R., Kudbanov T.G., Kalkamanova Z.G., Kurlyanov N.A. Soil influence on the chemical composition of ground waters in the republic of Tatarstan. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2020;63(1):90—99. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2020-63-1-90-99>

* Corresponding author

Формирование состава и минерализации подземных вод определяется непрерывным протеканием различных гидрогеохимических процессов, контролирующихся разнообразными факторами. В областях достаточного увлажнения оно обычно начинается с взаимодействия атмосферных осадков с почвами. Почвы как особые органо-минеральные образования отличаются наличием комплекса достаточно легко растворимых соединений. Значительная роль почв в формировании состава и минерализации грунтовых вод была выявлена почвоведомы еще в начале XX в. [12]. Впоследствии на почвы как один из факторов формирования состава пресных подземных вод указывали такие

крупные ученые, как В.И. Вернадский [2], Е.В. Посохов [14], С.Л. Шварцев [17]. Несмотря на это, в большинстве случаев нет комплексного анализа и сопоставления составов почвенных растворов и грунтовых вод. Почвоведы обычно ограничиваются рассмотрением первых применительно к проблеме плодородия почв [1, 15]. А гидрогеологи при рассмотрении особенностей химического состава грунтовых вод в первую очередь оперируют составами пород зоны аэрации и грунтового водоносного горизонта, величинами эффективных осадков (иногда и их составом) и скоростей фильтрации, а также глубиной залегания грунтовых вод и антропогенным влиянием [3, 6, 16].

Целью данной статьи является дополнительное подтверждение тесной взаимосвязи состава грунтовых вод с почвенно-растительным покровом на примере Республики Татарстан (РТ), характеризующейся значительной вариабельностью почвенных и геолого-гидрогеологических условий.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования явились особенности состава грунтовых вод (вод первого от поверхности водоносного горизонта) и почвенного слоя в отдельных регионах РТ. Основные использованные методы исследований — метод водных вытяжек и комплексный анализ гидрогеохимической информации.

Республика Татарстан расположена в восточной части Восточно-Европейской платформы, в пределах Волго-Уральского артезианского бассейна по схеме гидрогеологического районирования И. К. Зайцева [7]. Площадь Республики — 68 тыс. км². Ее отличают мощный промышленный потенциал, интенсивная разработка нефтяных месторождений и активный агропромышленный комплекс. Площади угодий: лесных — 17%, сельскохозяйственных — 65%; площадь водной акватории — 6,4% [5].

Верхняя часть геологического разреза РТ сложена комплексами полигенных пермских, морских юрско-меловых и аллювиальных плиоцен-четвертичных отложений. Пермские образования характеризуются максимальным площадным распространением. Они имеют сульфатно-карбонатно-терригенный состав и общую мощность до 400 м, при толщине отдельных прослоев 0,1—20 м. Мезозойские преимущественно глинистые отложения мощностью до 300 м развиты лишь в крайней юго-западной части РТ. Плиоцен-четвертичные песчано-глинистые образования выполняют речные долины, ширина которых может достигать 10—15 км, а глубина вреза 150—220 м [4].

Мощность зоны пресных подземных вод в Татарстане достигает 250—300 м. Эти воды формируют многочисленные междуречные потоки. Их питание осуществляется атмосферными осадками на водораздельных пространствах, а разгрузка происходит в речных долинах. Глубина залегания грунтовых вод изменяется от 1—2 до 40 м. Годовая норма осадков в РТ составляет ~500 мм/год, из них доля эффективных осадков — 12—20%. Общий ресурсный потенциал пресных подземных вод — 5,46 млн м³/сут, а величина их разведанных запасов — 2,29 млн м³/сут [5]. Наиболее водообильными частями разреза являются плио-

цен-четвертичные отложения, представленные песчаными русловыми фациями, а также прослои пермских песчаников и известняков в прибортовых зонах речных долин.

В Татарстане выделяется более 10 типов почв. При этом в северной части Республики (Предкамский регион) преобладают серые лесные и дерново-подзолистые почвы. В западной (Предволжский регион) и южной (Закамский регион) частях — серые лесные, а также выщелоченные и типичные черноземы [8]. Мощность почвенного покрова изменяется от 0,2—0,3 до 1,0—1,4 м (максимальные значения фиксируются в поле развития черноземов), при преобладающих значениях 0,4 м.

Подземные воды верхней части разреза обладают варьирующими в широких пределах химическим составом и минерализацией. В областях преобладания природных факторов в их формировании 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 химические составы подземных вод изменяются от гидрокарбонатных кальциевых и магниевых до гидрокарбонатных натриевых и сульфатных магниевых-кальциевых (в наименовании типов воды компоненты выстроены в порядке увеличения %-мольных концентраций согласно [11]). Данные гидрогеохимические особенности хорошо объясняются разной длительностью взаимодействия воды с карбонатно-терригенным (участками сульфатно-карбонатно-терригенным) водовмещающим минеральным матриксом. Определяющими гидрогеохимическими процессами здесь являются углекислотное 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. При отсутствии или крайне слабом развитии гипсов минерализация вод обычно не превышает 0,7—0,8 г/л, а жесткость (здесь и далее подразумевается общая жесткость) — 7 ммоль/л, при этом качество основного объема подземных вод соответствует питьевому. Это качество иногда нарушается сверхпредельными концентрациями железа и марганца (соответственно, до 1,0 и 0,8 мг/л, реже более) [13, 19].

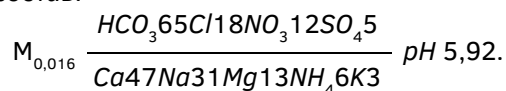
Техногенный фактор в формировании состава подземных вод играет значительную роль на территории населенных пунктов, в пределах крупных промышленных зон, в районах поверхностных

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 [9, 18].

В областях преваширования природных факторов в формировании состава пресных подземных вод не отмечается каких-либо существенных гидрогеохимических изменений за последние 50—60 лет. 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 [10].

Для определения степени влияния почвенного покрова на состав грунтовых вод нами были проанализированы 46 водных вытяжек с почвенных проб. Данные пробы характеризуют почвы на полную их мощность. Подготовка вытяжек осуществлялась следующим образом — 100 г размельченной породы (фракции менее 1 мм) заливались 1 л воды. Периодически емкости интенсивно встряхивались. Через одни сутки вытяжки фильтровались и подвергались аналитическим исследованиям. При подготовке вытяжек использовались дистиллированная и талая снеговая вода. Талая

вода имела гидрокарбонатный натриево-кальциевый состав:



В вытяжках определялись pH, электропроводность, мутность, цветность, перманганатная окисляемость, содержания: HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , NO_2^- , F^- , PO_4^{3-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Li^+ ; а также концентрации ряда тяжелых металлов: 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 родников с наименее минерализованной водой (127—250 мг/л, 100 проб). Такие родники расположены вне зон интенсивного техногенного воздействия, преимущественно в верхней части водораздельных склонов. Они имеют нисходящий характер и являются проявлениями субаэральной разгрузки вод первого от поверхности водоносного горизонта. Формирование их состава определяется непродолжительным взаимодействием атмосферных осадков с почвами и разнотипными породами разреза, представленного в основном образованиями уржумского и северодвинского ярусов (рис. 1).

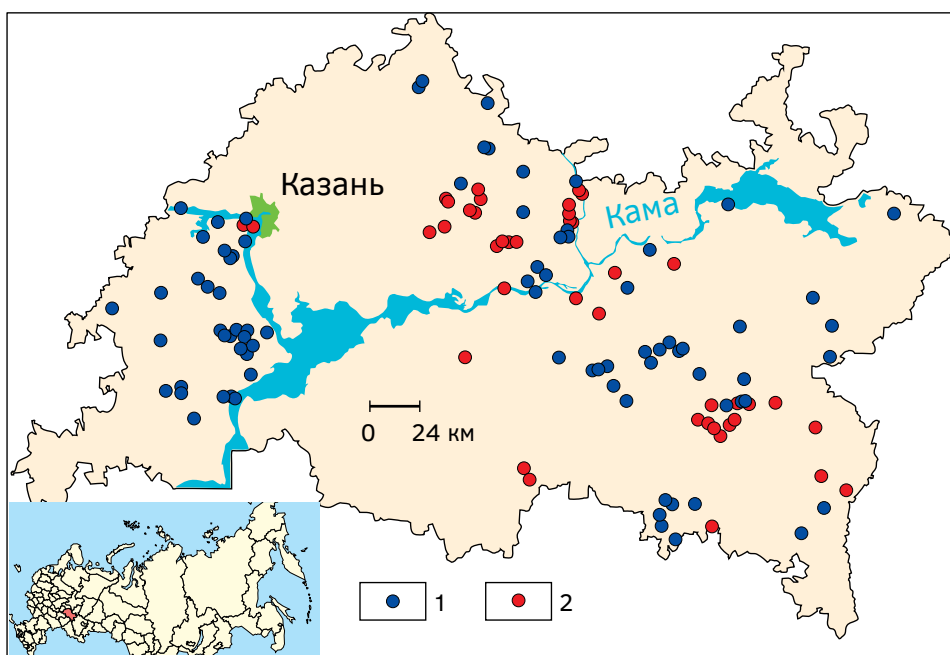


Рис. 1. Расположение изученных объектов в пределах Республики Татарстан: 1 — родники с минерализацией воды менее 250 мг/л; 2 — пункты отбора почвенных проб

Fig. 1. Location of the studied objects within the Republic of Tatarstan: 1 — springs with water salinity less than 250 mg / l; 2 — soil sampling points

Фактический материал по химическому составу родниковых вод заимствован из отчетов по результатам гидрогеологосъемочных, гидро-геоэкологических и тематического плана работ (отчеты хранятся в геологических фондах г. Казани). По Предволжскому региону это исследования А.В. Солнцева и др., 2002; Е.И. Кочурова и др., 2002; по Предкамскому региону — С.И. Полякова и др., 2006; по Закамскому региону — Р.Х. Мусина и др., 2003.

Результаты и их обсуждение

Минерализация и составы водных вытяжек с почвенных проб на основе разнотипной воды очень близки (табл. 1). Поэтому в дальнейшем они рассматриваются совместно.

Водные вытяжки почв Закамского (южного) региона РТ в сравнении с таковыми Предкамского (северного) региона характеризуются несколько более высокими значениями таких интегральных показателей состава, как минерализация, жесткость, окисляемость (табл. 2). В первом регионе значительные площади занимают черноземы, а во втором — дерново-подзолистые почвы.

Максимальные значения минерализации, содержания органических веществ и азотных соединений в виде NH_4^+ и NO_2^- обычно отмечаются в вытяжках с почв луговых и лесных участков, их минимумы приходятся на супесчаные серые почвы речных долин, а промежуточные значения

фиксируются в вытяжках почв с обрабатываемых сельскохозяйственных полей (табл. 3).

Маломинерализованные родниковые воды имеют несколько более высокие значения минерализации и жесткости в сравнении с почвенными водными вытяжками (табл. 4). При этом последние обогащены органическим веществом и азотными соединениями (табл. 5), а концентрации большей части остальных компонентов состава находятся на минимальных уровнях, характерных для природных вод, и они различаются не столь существенно (табл. 6).

Повышенные минерализация и жесткость грунтовых вод в сравнении с водными вытяжками связаны с их формированием в условиях более высокой парциальной активности углекислого газа. Если формирование состава вытяжек в лабораторных условиях проходило при атмосферном содержании CO_2 (300 ppm), то формирование грунтовых вод в пределах РТ проходит при его концентрациях на уровне почвенного и подпочвенного горизонтов 800—120 000 ppm. Эти данные были получены нами в ходе проведения газовой съемки анализатором Escorprobe-5 во многих районах РТ (рис. 2).

По литературным данным содержание углекислого газа на уровне почвенного горизонта может достигать 10—12% (100 000—120 000 ppm), а в отдельных случаях и 15—20% [15]. Следовательно, подземные воды в зоне аэрации и в зоне насыщения должны характеризоваться как более высокими содержаниями гидрокарбонатов, так

Таблица 1. Особенности состава почвенных водных вытяжек на основе дистиллированной и талой снеговой воды
Table 1. Features of the composition of soil water extracts based on distilled and melted snow water

Первичная вода	Минерализация, мг/л	Жесткость, ммоль/л	pH	Окисляемость, мг О/л	Преобладающий тип воды
Дистиллированная	40—279 174 ± 80	0,31—2,11 1,16 ± 0,46	7,40—8,20 7,95 ± 0,25	6,20—10,50 9,43 ± 1,10	HCO_3/Ca
Талая снеговая	34—294 175 ± 70	0,34—3,48 1,38 ± 0,79	6,20 — 8,10 7,50 ± 0,49	1,0—11,0 7,96 ± 2,56	HCO_3/Ca

Примечание. Сравнение проведено по 12 почвенным пробам Закамского региона; в этой и последующих таблицах в числителе приведены предельные значения (минимум-максимум), в знаменателе — среднее и стандартное отклонение.

Таблица 2. Сопоставление водных вытяжек почв Предкамского и Закамского регионов Татарстана
Table 2. Comparison of water extracts of soils Predjamski and Zakamskiy region of Tatarstan

Регион	Кол-во проб	Минерализация, мг/л	Жесткость, ммоль/л	pH	Окисляемость, мг О/л	Преобладающий тип воды
Предкамский	11	37—284 119 ± 76	0,27—2,41 1,15 ± 0,76	6,60—7,50 7,07 ± 0,30	3,52—5,65 4,51 ± 0,64	HCO_3/Ca
Закамский	29	34—294 168 ± 74	0,31—3,48 1,27 ± 0,67	5,6—9,05 7,53 ± 0,80	1,0—11,0 8,03 ± 2,49	HCO_3/Ca

Таблица 3. Вариации состава почвенных водных вытяжек по основным ландшафтным зонам Предкамского и Закамского регионов

Table 3. Variations in the composition of water extracts of soils by key landscape zones Predjamski and Zakamskiy region

Регион	Ландш. зона	Кол-во проб	Минерализация, мг/л	Жесткость, ммоль/л	Окисляемость, мг О/л	NO ₂ ⁻ , мг/л	NH ₄ ⁺ , мг/л
Предкамский	Лес	2	179—284 232 ± 75	1,7—2,4 2,08 ± 0,5	4,9—5,7 5,3 ± 0,5	0,03—0,04 0,03 ± 0,005	0,0—4,6 2,3 ± 3,25
	Луг	4	67—163 124 ± 41	0,4—1,6 1,24 ± 0,6	3,5—5,1 4,2 ± 0,7	0,0—0,5 0,13 ± 0,24	0,0—3,4 1,5 ± 2,22
	Поле	4	41—152 78 ± 51	0,3—1,8 0,81 ± 0,7	3,9—5,0 4,6 ± 0,4	0,0—0,01 0,003 ± 0,01	0,0 — 0,3 0,09 ± 0,1
	Долина	1	37	0,27	3,89	0,0	0,03
Закамский	Лес	5	132—264 189 ± 52	0,8—2,6 1,54 ± 0,7	1,0—9,2 5,5 ± 3,8	0,0 — 0,25 0,14 ± 0,13	0,0—3,4 0,8 ± 1,5
	Луг	15	104—294 187 ± 62	0,7—3,5 1,48 ± 0,7	5,1—10,5 8,7 ± 1,6	0,0 — 3,97 0,66 ± 1,19	0,0—15,2 2,87 ± 5,3
	Поле	6	34—279 143 ± 105	0,3—1,2 0,77 ± 0,4	4,1—11,0 8,6 ± 2,6	0,0—3,47 0,98 ± 1,34	0,0—9,52 2,9 ± 3,89
	Долина	3	46—142 88 ± 49	0,4—1,1 0,75 ± 0,4	6,3—9,0 7,9 ± 1,4	0,0—0,26 0,09 ± 0,15	0,0—0,68 0,23 ± 0,4

Таблица 4. Сопоставление составов водных вытяжек и родниковых вод по минерализации и жесткости

Table 4. Comparison of compositions of water extracts and spring waters by mineralization and hardness

Регион	Тип воды	Кол-во проб	Минерализация, мг/л	Жесткость, ммоль/л	HCO ₃ ⁻ , мг/л
Предволжский	Родниковая	47	155—249 219 ± 28	2,76—5,36 4,16 ± 0,60	134—317 238 ± 47
	Вытяжка	6	124—229 179 ± 48	0,8—2,40 1,45 ± 0,65	37—146 76 ± 44
Предкамский	Родниковая	17	127—250 227 ± 30	1,94—7,85 4,25 ± 1,2	92—281 243 ± 48
	Вытяжка	11	37—284 119 ± 76	0,27—2,41 1,15 ± 0,76	15—120 71 ± 41
Закамский	Родниковая	36	180—249 222 ± 21	3,1—4,75 4,1 ± 0,44	134—281 199 ± 39
	Вытяжка	29	34—294 168 ± 74	0,31—3,48 1,27 ± 0,67	12—214 116 ± 56

Примечание. Минерализация в вытяжках — расчетная, а в родниковых водах соответствует сухому остатку.

и более высокой углекислотной агрессивностью и выщелачивающей способностью.

Из почв во взаимодействующую с ними дистиллированную и талую снеговую воду часто активно переходят (в мг/л): Fe — до 3,3; Mn — до 0,5 (табл. 7).

Заключение

Особенности состава и минерализации подземных вод первого от поверхности водоносного горизонта в природных условиях Татарстана в значительной степени определяются взаимодействием

атмосферных осадков с почвенным покровом. Этот вывод исходит из того, что водные вытяжки с почвенных образцов имеют преобладающую минерализацию не менее 100 мг/л, а минимальная минерализация родниковых вод обычно составляет 150—200 мг/л.

Почвенные водные вытяжки в сравнении с родниковыми водами менее минерализованы (в первую очередь за счет HCO₃⁻, Ca²⁺, Mg²⁺). Это связано как с более длительным во времени становлением компонентного состава родниковых вод, так и с тем, что в природных условиях формирование

Таблица 5. Окисляемость и концентрации азотных соединений в водных вытяжках и родниках
Table 5. Permanganate index and concentrations of nitrogen compounds in water extracts and springs

Регион	Тип воды	Кол-во проб	NO ₂ ⁻ , мг/л	NH ₄ ⁺ , мг/л	Окисляемость, мг О/л
Предволжский	Родниковая	47	0,0—1,9 0,08 ± 0,38	0,0—0,23 0,09 ± 0,08	0,3—5,2 2,4 ± 1,1
	Вытяжка	6	0,1—1,02 0,55 ± 0,37	0,0—1,58 0,66 ± 0,63	5,3—10,9 7,9 ± 3,2
Предкамский	Родниковая	17	0,0—0,13 0,03 ± 0,03	0,0—0,46 0,15 ± 0,14	Не определялась
	Вытяжка	11	0,0—0,49 0,06 ± 0,15	0,0—4,6 0,45 ± 1,38	3,52—5,65 4,51 ± 0,64
Закамский	Родниковая	36	0,0—1,58 0,08 ± 0,31	0,0—0,2 0,03 ± 0,04	0,0—8,5 2,78 ± 2,22
	Вытяжка	29	0,0—3,97 0,58 ± 1,06	0,0—15,2 2,25 ± 4,28	1,0—11,0 8,03 ± 2,49

Таблица 6. Сопоставление составов водных вытяжек и родниковых вод по pH, сульфатам и другим компонентам
Table 6. A comparison of the compositions of the water extracts and spring water for pH, sulfate and other components

Регион	Тип воды	pH	SO ₄ ²⁻ , мг/л	Cl ⁻ , мг/л	(Na+K) ⁺ , мг/л	SiO ₂ , мг/л
Предволжский	Родниковая	6,5—8,9 8,05 ± 0,67	0,0—34,1 8,1 ± 6,8	0,6—22,5 4,7 ± 4,3	0,5—24,2 6,9 ± 6,1	1,0—37,3 9,4 ± 7,8
	Вытяжка	7,65—7,94 7,79 ± 0,11	20,6—53,5 37,5 ± 12,4	3,5—3,6 3,55 ± 0	1,3—15,6 7,2 ± 5,1	1,9—24,74 9,3 ± 8,9
Предкамский	Родниковая	6,86—7,74 7,39 ± 0,29	2,6—30,9 7,8 ± 7,8	1,9—14,7 8,4 ± 3,6	3,0—17,2 10,1 ± 3,9	Не определял
	Вытяжка	6,60—7,50 7,07 ± 0,3	1,4—13,3 4,1 ± 3,7	0,8—3,6 2,0 ± 1,0	2,6—11,2 5,0 ± 3,1	3,1—8,1 4,6 ± 1,7
Закамский	Родниковая	7,15—8,70 8,10 ± 0,31	0—46,1 12,5 ± 11,1	0,0—63,8 13,0 ± 14,2	0,0—19,8 6,3 ± 5,8	0,0—25,21 8,5 ± 6,3
	Вытяжка	5,60—9,05 7,53 ± 0,80	0,7—36,8 5,4 ± 6,9	0,6—29,2 3,4 ± 5,1	1,8—35,9 9,8 ± 9,6	2,0—9,6 5,0 ± 2,2

Примечание. Сульфаты в вытяжках из почв Предволжского региона определялись гравиметрическим методом, который обычно дает более высокие значения в сравнении с ионно-хроматографическими данными.

Таблица 7. Концентрации железа и марганца в вытяжках и родниковых водах
Table 7. Concentrations of iron and manganese in extracts and spring water

Регион	Тип воды	Кол-во проб	Fe, мг/л	Mn, мг/л
Предкамский	Родниковая	17	0,010—0,350 0,080 ± 0,081	0,00—0,130 0,041 ± 0,040
	Вытяжка	8	0,00—3,309 0,85 ± 1,21	0,004—0,516 0,091 ± 0,184
Закамский	Родниковая	36	0,016—0,691 0,076 ± 0,138	0,005—0,084 0,035 ± 0,018
	Вытяжка	9	0,07—2,9 1,14 ± 1,12	0,005—0,538 0,15 ± 0,192



Рис. 2. Расположение газогеохимических профилей в пределах Татарстана

Fig. 2. Location of gas-geochemical profiles within Tatarstan

состава подземных вод происходит при более высоком парциальном давлении углекислого газа, что определяет повышенную углекислотную агрессивность вод и их более высокую выщелачивающую способность.

Почвы являются основными поставщиками в подземную гидросферу NO_2^- , NH_4^+ , органического вещества и, в меньшей степени, Fe и Mn. В зоне аэрации и в первом от поверхности водоносном горизонте первые окисляются до NO_3^- , а железо с марганцем выпадают в осадок за счет разрушения органоминеральных комплексов, в составе которых скорее всего находятся и мигрируют эти металлы. С этим связаны более высокие содержания нитратов в родниковых водах в сравнении с их концентрацией в вытяжках, а также практически повсеместное развитие в приповерхностной зоне «обоих» горных пород и дендритов гидроокислов марганца. Этот же фактор может вызывать питьевую некондиционность грунтовых вод в районах неглубокого их залегания при мощном почвенном слое.

Максимальной минерализующей ролью характеризуются почвы в пределах лесных мас-

сивов и луговых участков, минимальной — почвы речных долин; почвы обрабатываемых полей характеризуются промежуточным положением. Максимальное количество хорошо растворимых в воде минеральных и органических комплексов отмечается в черноземных и серых лесных почвах, а минимальное их количество — в сероцветных дерново-подзолистых почвах.

Составы вытяжек на основе дистиллированной и маломинерализованной талой снеговой воды очень близки, степени выщелачивания большей части компонентов этими разнотипными водами одинаковы. В связи с этим подготовку водных вытяжек как с почв, так и других минеральных образований можно проводить лишь на основе дистиллированной воды.

Практически равные содержания натрия, калия $(\text{Na}+\text{K})^+$ и кремнекислоты в водных вытяжках и маломинерализованных родниковых водах свидетельствуют о значительном превышении в приповерхностной части гидрогеологического разреза скорости водообмена над скоростью гидролитических процессов, ответственных за перевод указанных компонентов в растворенную форму.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Почвоведение. М.: Юрайт, 2014. 527 с.
2. Вернадский В.И. История природных вод. М.: Наука, 2003. 752 с.
3. Всеволожский В.А. Основы гидрогеологии. М.: МГУ, 2007. 448 с.

4. Геология Татарстана: Стратиграфия и тектоника. М.: ГЕОС, 2003. 402 с.
5. 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 (дата обращения: 15.07.2019).
6. Драйвер Д. Геохимия природных вод. М.: Мир, 1985. 440 с.
7. Зайцев И.К. Гидрогеохимия СССР. Л.: Недра, 1986. 239 с.
8. Латыпов М.К. Номенклатура, таксономия и диагностика основных типов почв РТ. Казань: Казанский государственный университет, 2008. 36 с.
9. Мусин Р.Х. О гидрогеоэкологических особенностях и проблемах нефтяного региона Татарстана // Изв. вузов. Геология и разведка. 2012. № 2. С. 48—53.
10. Мусин Р.Х. Техногенные изменения в гидrolитосфере Республики Татарстан // Недропользование XXI век. 2013. № 5 (42). С. 61—66.
11. Отраслевой стандарт. Воды подземные. Классификация по химическому составу и температуре. М.: ВСЕГИНГЕО, 1986. 12 с.
12. Перельман А.И. Геохимия природных вод. М.: Наука, 1982. 154 с.
13. Подземные воды Татарии. Казань: Казанский государственный университет, 1987. 189 с.
14. Посохов Е.В. Формирование химического состава подземных вод. Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1969. 334 с.
15. Почвоведение. В 2 ч. / Под ред. В.А. Ковды, Б.Г. Розанова. Ч. 1. Почва и почвообразование. М.: Высшая школа, 1988. 400 с.
16. Самарина В.С. Гидрогеохимия. Л.: Ленинградский университет, 1977. 360 с.
17. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. М.: Недра, 1998. 354 с.
18. 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, Issue 1. Art. № 012019. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/33/1/012019>
19. Musin R.Kh., Korolev E.A., Zotina K.E. Variations and conditions of the composition natural waters in the Central European Russia (on example of the Tatarstan Republic). In 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM. 2017. Vol. 17. Issue 31. P. 777—784. <https://doi.org/10.5593/sgem2017/31/S15.98>

REFERENCES

1. Val'kov V.F., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I. *Pedology*. Moscow, Yurayt, 2014, 527 p. (In Russian).
2. Vernadskiy V.I. *History of natural waters*. Moscow, Nauka, 2003, 752 p. (In Russian).
3. Vsevolozhskiy V.A. *Fundamentals of hydrogeology*. Moscow, MGU, 2007, 448 p. (In Russian).
4. *Geology of Tatarstan: Stratigraphy and tectonics*. Moscow, GEOS Publ., 2003, 402 p. (In Russian).
5. *State report on the state of natural resources and environmental protection of the Republic of Tatarstan in 2015*. Kazan, 2016, 505 p. (In Russian). URL: http://eco.tatarstan.ru/rus/file/pub/pub_619802.pdf
6. Driver J. *Geochemistry of natural waters*. Trans. from English by A.N. Barabanova, G.A. Solomina, Editor S.I. Smirnova. Moscow, Mir, 1985, 440 p. (In Russian).
7. Zaytsev I.K. *Hydrogeochemistry of the USSR*. Leningrad: Nedra, 1986, 239 p. (In Russian).
8. Latypov M.K. *Nomenclature, taxonomy and diagnostics of the main types of soils of Republic of Tatarstan*. Kazan: Kazanskiy Gos. Univ., 2008, 36 p. (In Russian).
9. Musin R.Kh. On hydrogeoecological features and problems of the oil region of Tatarstan. *Proceedings of universities. Geology and exploration*, 2012, no. 2, pp. 48—53. (In Russian).
10. Musin R.Kh. Technogenic changes in the hydrolithosphere of the Republic of Tatarstan. *Nedropol'zovaniye XXI vek [Subsoil use XXI century]*, 2013, no. 5 (42), pp. 61—66. (In Russian).
11. *Industry standard. Underground water. Classification by chemical composition and temperature*. Moscow, VSEGIN GEO, 1986, 12 p. (In Russian).
12. Perel'man A.I. *Geochemistry of natural waters*. Moscow, Nauka, 1982. 154 p. (In Russian).
13. *Groundwater of Tatarstan*. Kazan: Kazanskiy Gos. Univ., 1987, 189 p. (In Russian).
14. Posokhov E.V. *Formation of the chemical composition of groundwater*. Leningrad: Gidrometeorologicheskoe Publ., 1969, 334 p. (In Russian).
15. *Pedology. Part. 1. Soil and soil formation*. Moscow, Vyssh. shk. Publ., 1988, 400 p. (In Russian).
16. Samarina V.S. *Hydrogeochemistry*. Leningrad: Leningradskiy Gos. Univ., 1977, 360 p. (In Russian).
17. Shvartsev S.L. *Hydrogeochemistry of hypergenesis zone*. Moscow, Nedra, 1998, 354 p. (In Russian).
18. 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, vol. 33, no. 1. Art. no. 012019. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/33/1/012019>
19. Musin R.K., Korolev E.A., Zotina K.E. Variations and conditions of the composition natural waters in the Central European Russia (on example of the Tatarstan Republic). In 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM, 2017, vol. 17, no. 31, pp. 777—784. <https://doi.org/10.5593/sgem2017/31/S15.98>

ВКЛАД АВТОРОВ / AUTHOR CONTRIBUTIONS

Мусин Р.Х. — проведение полевых исследований, разработка концепции статьи, обработка аналитических данных, подготовка текста статьи.

Галиева А.Р. — проведение аналитических исследований.

Кудбанов Т.Г. — проведение аналитических исследований.

Калкаманова З.Г. — сбор данных по химическому составу маломинерализованных родниковых вод Республики Татарстан.

Курлянов Н.А. — проведение полевых исследований, пробоподготовка.

Musin R.Kh. — conducting field research, developing the concept of the article, processing analytical data, preparing the text of the article.

Galieva A.R. — conducting analytical research.

Kudbanov T.G. — conducting analytical research.

Kalkamanova Z.G. — collection of data on the chemical composition of low-mineralized spring waters of the Republic of Tatarstan.

Kurlyanov N.A. — conducting field research, sample preparation.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

Мусин Рустам Хадиевич* — кандидат геолого-минералогических наук, доцент Казанского федерального университета

18, ул. Кремлевская, г. Казань 420008, Россия

e-mail: Rustam.Musin@kpfu.ru

тел.: +7 (917) 293-40-41

SPIN: 5548-9590

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0257-269X>

Rustam Kh. Musin* — Cand. Sci. (Geol.-Min.), Ass. Prof., Kazan Federal University

18, Kremlevskaya str., Kazan 420008, Russia

e-mail: Rustam.Musin@kpfu.ru

tel.: +7 (917) 293-40-41

SPIN: 5548-9590

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0257-269X>

Галиева Альбина Руслановна — аспирант Института геологии и нефтегазовых технологий Казанского федерального университета

18, ул. Кремлевская, г. Казань 420008, Россия

e-mail: abdullina_albina94@mail.ru

тел.: +7 (904) 762-42-27

Albina R. Galieva — postgraduate student of the Institute of Geology and oil and gas technologies of Kazan Federal University

18, Kremlevskaya str., Kazan 420008, Russia

e-mail: abdullina_albina94@mail.ru

tel.: +7 (904) 762-42-27

Кудбанов Тимур Гумарович — аспирант Института геологии и нефтегазовых технологий Казанского федерального университета

18, ул. Кремлевская, г. Казань 420008, Россия

e-mail: ferrum828@gmail.com

тел.: +7 (927) 419-78-92

Timur G. Kudbanov — postgraduate student of the Institute of Geology and oil and gas technologies of Kazan Federal University

18, Kremlevskaya str., Kazan 420008, Russia

e-mail: ferrum828@gmail.com

tel.: +7 (927) 41-97-892

Калкаманова Зия Гайсовна — инженер кафедры общей геологии и гидрогеологии Института геологии и нефтегазовых технологий Казанского федерального университета

18, ул. Кремлевская, г. Казань 420008, Россия

e-mail: fayzrahmanowa.z@yandex.ru

тел.: +7 (937) 626-05-40

Zilya G. Kalkamanova — engineer, Department of General Geology and hydrogeology, Institute of Geology and oil and gas technologies, Kazan Federal University

18, Kremlevskaya str., Kazan 420008, Russia

e-mail: fayzrahmanowa.z@yandex.ru

tel.: +7 (937) 626-05-40

Курлянов Никита Андреевич — инженер кафедры общей геологии и гидрогеологии Института геологии и нефтегазовых технологий Казанского федерального университета

18, ул. Кремлевская, г. Казань, 420008, Россия

e-mail: nikitakurlyanov@gmail.com

тел.: +7 (987) 299-89-59

SPIN: 1345-2960

Nikita A. Kurlyanov — engineer, Department of General Geology and hydrogeology, Institute of Geology and oil and gas technologies, Kazan Federal University

18, Kremlevskaya str., Kazan 420008, Russia

e-mail: nikitakurlyanov@gmail.com

tel.: +7 (987) 299-89-59

SPIN: 1345-2960

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author