



**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ПО
ГЛУБИНЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД УДМУРТИИ И КАВКАЗСКИХ МИНЕ-
РАЛЬНЫХ ВОД**

**BENCHMARKING ANALYSIS OF THE CHANGE MINERALIZATION BY
GROUNDWATER DEPTH UDMERTIA AND CAUCASIAN MINERAL WATERS**

Канунникова Ольга Михайловна, доктор физико-математических наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и химии, ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный аграрный университет»

Страдина Ольга Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией агрохимии, ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный аграрный университет»

Тихонова Ольга Семеновна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии, почвоведения и химии, ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный аграрный университет»

Назипова Элина Маратовна, студент 2 курса агрономического факультета ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный аграрный университет»

Kanunnikova Olga Mikhailovna, doctor of physical and mathematical sciences, professor of department agrochemistry, soil science and chemistry, Udmurt state agrarian universitet.

Stradina Olga Aleksandrovna, candidate of agricultural science, groundwater, miner-

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

alization, chemical composition, hydrolysis. head of the Agrochemistry Laboratory, Udmurt state agrarian universitet.

Tihonova Olga Semenovna candidate of agricultural science, docent of department agrochemistry, soil science and chemistry, Udmurt state agrarian universitet.

Nasipova Elina Maratovna, 2nd year student, agrarian faculty Udmurt state agrarian universitet.

Аннотация. Исследованы физико-химические характеристики подземных вод Удмуртии и Кавказских минеральных вод. Определялись: общая минерализация, содержание ионов кальция и магния, величина рН.

Abstract. Physicochemical characteristics of underground waters of Udmurtia and Caucasian mineral waters are investigated. The total mineralization, the content of calcium and magnesium ions, the pH value were determined.

Ключевые слова: подземные воды, минерализация, химический состав, гидролизация.

Keywords: groundwater, mineralization, chemical composition, hydrolysis.

Подземные воды в России являются одним из основных источников питьевого водоснабжения, за счет которой обеспечивается почти 50% потребности в воде. Подземные воды относятся к стратегическим видам полезных ископаемых. В настоящее время большое внимание уделяется вопросам изучения воды, т.к. объём потребляемой воды на душу населения увеличивается изо дня в день. Практическая актуальность тематик, связанных с исследованием подземных вод обусловлена необходимостью разумного использования природных водных ресурсов, а научная актуальность связана с условиями формирования состава подземных вод и определения их возраста [1].

Минерализация и химический состав подземных вод зависит от сочетания ряда факторов: происхождения вод, взаимодействия подземных вод с вмещающими породами, условий водообмена.

Происхождение вод – первый фактор, влияющий на химический состав подземных вод [2-4].

Инфильтрационные воды, образуются в результате просачивания в глубину атмосферных осадков и растворенных веществ разного происхождения (гербициды, пестициды, техногенные вещества и пр.). Эти воды имеют низкую минерализацию, содержащие высокие концентрации кальция и магния.

Конденсационные воды. Конденсационная теория происхождения подземных вод была возрождена на совершенно новой основе русским исследователем агрономом А. Ф. Лебедевым, который выполнил блестящие эксперименты, связанные с вопросом о влажности пород и перемещении влаги в различных состояниях. Вода в виде пара находится в свободной атмосфере, а также в воздухе, который заполняет пустоты и поры в почве и горных породах. Попадая в области низких температур, свойственных почве и горным породам, водяной пар начинает конденсироваться (сгущаться) и переходить в жидкое состояние, подобно тому, как образуется роса при резкой смене температур дня и ночи. Так может накопиться некоторое количество воды в породах, что имеет большое значение для засушливых и пустынных районов.

Седиментационные воды, образованные за счёт захоронения древних вод морского происхождения, обычно наследуют особенности состава последних – они хлоридные натриевые или хлоридные кальциево-натриевые.

Эндогенные воды и воды, развитые в зоне влияния потоков эндогенных флюидов отличаются большим разнообразием по составу. Содержащиеся в их составе летучие компоненты (CO_2 , HCl , H_2S и др.) придают им высокую агрессивность, способствующую выщелачиванию пород и формированию сложного химического состава вод (например, известная группа Кавказских минеральных вод - «Ессентуки», «Новотерская» и др., связанных с областью внедрения неогеновых магматических пород) [6].

Взаимодействие с вмещающими породами – второй фактор, влияющий на химический состав подземных вод. Воды, фильтруясь через толщи пород, растворяют их, обогащаясь рядом элементов. По содержанию растворен-

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

ных солей подземные воды подразделяются на: пресные, содержащие до 1 г/л растворенных веществ; солоноватые, содержащие 1-10 г/л солей и соленые, содержащие 10-50 г/л.

Подземные воды, содержащие более 50 г/л солей, относят к рассолам. Большинство исследователей считает, что рассолы представляют собой захороненные морские воды древних морей разной стадии испарительного концентрирования, которые существенно изменились в процессе взаимодействия с контактирующими породами [6]

Вопросы происхождения подземных вод отдельных бассейнов являются предметом исследований исторической гидрогеологии. Учитывая большое количество факторов, влияющих на состав вод, расхождения точек зрения разных авторов, относительно положения континентов и океанов, объема Мирового Океана и содержания в нем солей в различные периоды геологического времени, определение геологических условий, определяющих состав подземных вод, на разных глубинах в разных регионах, оказывается чрезвычайно трудоемким и не всегда однозначным.

Тем не менее, на территориях, которые в одни и те же геологические периоды являлись дном одних и тех же морей, существуют подземные воды, состав которых в значительной степени определяется составом воды и донных отложений этих морей. В наиболее близкие геологические периоды древних морей было два. Моря простирались от севера Европейской части до Кавказа.

Первое море появилось здесь в начале девонского периода и существовало большую часть каменноугольного и половину пермского периодов — примерно 140 миллионов лет (от 400 миллионов лет до 260 миллионов лет назад). Когда оно высохло, на протяжении еще более ста миллионов лет на месте Москвы и Подмосковья простиралась суша.

В середине юрского периода, примерно 165 миллионов лет назад, море вернулось и продержалось еще около 120 миллионов лет [4,5].

Таким образом, европейская часть России от северного побережья до Кавказа оказывалась на дне одних и тех же древних морей. Поэтому можно предполо-

жить, что отложения этих морей должны формировать состав подземных вод на определенной глубине в этих регионах. В данной работе мы попытались оценить, насколько возможно такое предположение.

Целью данной работы явилось сравнительное исследование изменения физико-химических характеристик по глубине подземных вод Удмуртии и Кавказских минеральных вод, территории которых когда-то находились на дне древних морей, а в настоящее время их географический рельеф сильно различается.

Объектами исследования являются образцы воды из скважин глубиной 12-270 м в Удмуртии и 260- 1800 м Кавказских минеральных вод.

Водородный показатель (рН) измеряли с помощью рН - метра Анион - 4100.

Анализ содержания кальция и магния проводили титриметрическим методом [7].

Электропроводность измеряли кондуктометрическим методом на приборе Анион - 7051. С использованием полученных данных электропроводности (χ , мкСм/см) рассчитывали общую минерализацию воды (ОМ, мг/л) по формуле [8]: $ОМ = 0,65 \cdot \chi$.

Результаты анализа образцов воды Удмуртии представлены в таблице 1. Самая низкая величина рН наблюдается в образце воды, взятом с глубины 12 м на территории городского района Восточного поселка. Это район частной застройки с земельными участками, которые используются под сады и огороды. На состав воды этой глубине оказывают влияние примеси от различных удобрений и средств обработки растений, попадающие из смывов с автомобильных трасс с довольно интенсивным движением. Кроме того до недавнего времени на территории этого района находились стихийные свалки, которые тоже вносили вклад в загрязнение приповерхностных подземных вод.

Таблица 1 – Физико-химические характеристики подземных вод Удмуртии

Глубина скважины,	Место нахождения	Общая минерализация,	[Ca ²⁺]	[Mg ²⁺]	рН
-------------------	------------------	----------------------	---------------------	---------------------	----

м	скважины	мг/л			
12	пос. Восточный, Ижевск	870	80,2	17,5	5.0
40	д. Н.Мартьяны	650	68,2	44,2	7.3
60	д. Н.Мартьяны	580	48,7	48,5	7.7
80	пос.Италмас	440	44,3	38,5	7.8
80-90	д. Подшивалово	354	24,0	90,0	8.5
90	пос. Н.Синтек	483	8,0	40,0	7.4
	с.Красногорское				
	с.Юкамеское				
110-120	пос.Кизнер	354	36,0	8,0	7.9
120	с.Шаркан	310	16,0	170,0	8.9
180	пос.Ува	534	6,0	20,0	8.2
270	Ижевск	521	24,0	240,0	7.9

Низкая величина рН обусловлена солями, которые гидролизуются по катиону: соли алюминия, никеля, цинка, свинца, железа (таблица 2). Повышенное содержание кальция в воде на глубине 12 м скорее всего связано с известкованием почв огородных участков. Соли магния редко вносятся в огородные почвы, поэтому его содержание невысоко. Хотя скважины д. Н. Мартьяны также расположены вблизи огородных участков и сельскохозяйственных массивов, на глубине 40 м и 60 м в результате фильтрации общая минерализация воды уменьшается и рН повышается практически до нейтральной. При этом увеличивается содержание магния и уменьшается содержание кальция.

С глубине 90 м проанализированы образцы д. Подшивалово и д. Новый Синтек. Наблюдается большая разница общей минерализации, содержания кальция и магния, величины рН. Для выяснения причин этого эффекта необходима информация о составе пород, которые находятся на этой глубине и длительность эксплуатации скважины. При длительном использовании скважин происходит перемешивание воды разных водоносных слоев. Возможно, что скважина в д. Новый Синтек использовалась дольше, чем скважина в д. Подшивалово, поэтому в ней

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

повышено содержание примесей, которые попадали с водой из приповерхностных водоносных слоев или диффундировали из поверхностного слоя почвы.

Понижение рН обычно связывают с известковыми породами, контактирующими с водоносным пластом. Карбонат-анион гидролизуется с образованием гидрокарбоната и гидроксильных групп, повышающих рН.

Суммарный эффект этих процессов оказывается в пользу повышения рН в случае присутствия известковых пород и в пользу понижения рН в случае насыщения воды углекислым газом. Первый процесс, видимо, превалирует в д. Подшивалово, а второй – в д. Новый Синтек.

Обобщим вышеизложенное. Общая минерализация подземных вод изменяется немонотонно с глубиной. От поверхности до ~100-120 м минерализация уменьшается. При этом суммарное содержание Са+Мg высокое (~ 100 мг/л). Величина рН растет. Затем наблюдается уменьшение минерализации и суммарного количества ионов магния и кальция. Эти воды можно отнести к типу инфильтрационных вод.

На глубине 100-180 м и более минерализация растет. При этом концентрация магния существенно выше, чем концентрация кальция. Возможной причиной этого является участие осадочных слоев древних морей в формировании состава вод. Либо эти слои контактируют с водоносными слоями, либо наблюдается восходящая диффузия более глубоких слоев водоносных солоноватых слоев. Образцы воды, извлеченные с этой глубины, могут быть отнесены к седиментационному типу.

Известно [9], что на глубине 1000-1500 м в Удмуртии добываются рассолы, т.е. на этой глубине состав воды в значительной степени определяется составом отложений древних морей. Толщина отложений может достигать нескольких километров.

Таблица 2 – Содержание алюминия, никеля, цинка, свинца, железа (мг/л) в водах на глубине 12, 40 и 60 м

Глубина скважины, м	Al	Ni	Zn	Pb	Fe
12	0.200	0.05	0.15	0.05	0.35
40	0.020	0	0	0	0.02
60	0.002	0	0	0	0.02

В таблице 3 приведены результаты анализа образцов воды Кавказских минеральных вод. Образцы воды получены непосредственно из скважин и не подвергались какой-либо обработке.

Таблица 3. – Физико-химические характеристики подземных вод Кавказских минеральных вод (вблизи г. Кисловодска)

Глубина скважины, м	Общая минерализация, мг/л	[Ca ²⁺]	[Mg ²⁺]	pH
260	501	110	320	8,4
850	683	130	110	7,0
1400	767	120	90	7,3
1700	787	90	90	8,1
1850				

Обращают на себя внимание близкие значения общей минерализации воды, извлеченной с глубины ~ 260 м на Кавказе и в Удмуртии.

На больших глубинах (850-1850 м) минерализация воды повышается. При этом суммарное количество магния и кальция существенно выше, чем в водах Удмуртии на этой же глубине. На этих глубинах вода относится к седиментационному типу. В Удмуртии на этой глубине находятся рассолы.

Интересно отметить такую закономерность изменения минерализации воды на глубине ~260 м с севера на юг. Источники воды можно расположить в следующем порядке: с. Красногорское – с. Юкаменское – с. Шаркан, с. Кизнер – Кавказские минеральные воды.

Из таблиц 1 и 3 видно, что при движении с севера на юг минерализация воды повышается.

Согласно [4, 5] соленость древних морей повышалась с севера на юг вследствие того, что на юге моря контактировали с океаном, вода которого была соленее, чем морская вода.

Проведенный в данной работе анализ минерализации, содержания кальция и магния, величины рН подземных вод на Удмуртии и Кавказа (около Кисловодска) согласуется с представлениями о существовании древних морей, включающих эти территории.

Полезные воды Удмуртии вплоть до глубины ~100 м относятся к инфильтрационному типу. На большей глубине находятся воды седиментационного типа, в формировании состава которых участвуют осадочные слои древних морей. Сравнение минерализации подземных вод Удмуртии и Кавказских минеральных вод на глубине 260 м согласуется с представлениями о существовании древних морей, включающих территории Удмуртии и Кавказа. Соленость этих морей повышалась с севера на юг.

Литература

1. Чистая вода России XV международный научно-практический симпозиум и выставка. Сборник материалов. Екатеринбург, 2019. – 659 с.
2. Посохов Е.В. Формирование химического состава подземных вод / Е.В.Посохов // Л., 1966.- 254 с.
3. Вернадский В. И. Пластовые воды биосферы и стратисферы. / Вернадский В. И. // «Социалистическая реконструкция и наука», вып. 2, М., 1932.- С. 52—70.
4. Анисимов Л.А., Донцова О.Л., Панина О.В. Генезис природных вод в процессе крупных геологических изменений в истории земли // Геология, география и глобальная энергия 2020. № 4 (79) 67-78
5. Анисимов Л.А. Историческая гидрогеология // Недра Поволжья и Прикаспия • Вып.90 • 2017 , С. 43-59.
6. Рассолы Сибирской платформы как последний этап эволюции системы водопорода Трифонов Н.С. 49-52 в сб. Геологическая эволюция взаимодействия

воды с горными породами. // Материалы четвертой Всероссийской научной конференции с международным участием 17–20 августа 2020 г, г. Улан-Удэ.

7. Пименова Е.В. Химические методы анализа в мониторинге водных объектов / Е.В.Пименова // Пермь ФГОУ ВПО «Пермская ГСХА». 2011. – 138 с.
8. Воробьев Н.И. Применение измерения электропроводности для характеристики химического состава природных вод./ Н.И. Воробьев // М., 1963. – 144 с.
9. Сайт: <http://loveudm.ru/mineralnyie-vodyi-udmurtii/>
10. Канунников М.М. Химический состав водопроводной воды и некоторых природных источников г. Ижевска (февраль-март 2013) /М.М. Канунников, М.В. Собенникова, Н.Б. Перевощикова, О.Е. Овечкина, О.В. Игумнова // Вестник Удмуртского университета. Серия 4. Физика и химия. – 2013. - Вып. 3. – С. 65-69.
11. Канунникова О.М. Химический состав воды ряда наземных и подземных источников на территории г. Ижевска (январь-март 2020 г). / О.М. Канунникова, В.В. Сентемов, И.А. Арасланова // Аграрное образование и наука - в развитии животноводства. Мат. межд. науч.-практ. конф., посвященной 70-летию засл. работника сельского хозяйства РФ, почетного работника ВПО РФ, лауреата гос. премии УР, ректора ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, д. с-х н., проф. Любимова А.И. В 2-х т. 2020.- С. 181-188.

Literature

1. Clean Water of Russia XV International Scientific and Practical Symposium and Exhibition. Collection of materials. Yekaterinburg, 2019. – 659 p.
2. Posokhov E.V. Formation of the chemical composition of groundwater / E.V.Posokhov // L., 1966. - 254 p.
3. Vernadsky V. I. Formation waters of the biosphere and stratisphere. / Vernadsky V. I. // "Socialist reconstruction and Science", issue 2, Moscow, 1932. - P. 52-70.
4. Anisimov L.A.,Dontsova O.L., Panina O.V. The genesis of natural waters in the process of major geological changes in the history of the earth // Geology, Geography and Global Energy 2020. No. 4 (79) P. 67-78

5. Anisimov L.A. Historical hydrogeology // The bowels of the Volga Region and the Caspian • Issue 90 • 2017 , P. 43-59.
6. Brines of the Siberian platform as the last stage of the evolution of the water-rock system Trifonov N.S. 49-52 in the collection Geological evolution of the interaction of water with rocks. // Materials of the Fourth All-Russian Scientific Conference with international participation on August 17-20. – 2020. Ulan-Ude
7. E.V. Pimenova Chemical methods of analysis in monitoring of water bodies / E.V.Pimenova // Perm FGOU VPO "Perm State Agricultural Academy".2011. – 138 p.
8. Vorobyov N.I. Application of electrical conductivity measurement to characterize the chemical composition of natural waters./ N.I. Vorobyov // M., 1963. – 144 p.
9. <http://loveudm.ru/mineralnyie-vodyi-udmurtii/>
10. Kanunnikov M.M. Chemical composition of tap water and some natural sources of Izhevsk (February-March 2013) / M.M. Kanunnikov, M.V. Sobennikova, N.B. Perevoshchikova, O.E. Ovechkina, O.V. Igumnova // Bulletin of the Udmurt University. Series 4. Physics and Chemistry. – 2013. - Issue 3. – P. 65-69.
11. Kanunnikova O.M. Chemical composition of water from a number of surface and underground sources on the territory of Izhevsk (January-March 2020). / Kanunnikova O.M., Sentemov V.V., Araslanova I.A. // In the collection: Agrarian education and science - in the development of animal husbandry. Mat. international scientific and practical conference dedicated to the 70th anniversary of the merit worker of agriculture of the Russian Federation, honorary worker of the Higher Educational Institution of the Russian Federation, laureate of the State Prize of the UR, Rector Izhevsk State Agricultural Academy, Doctor of Agricultural Sciences, prof. Lyubimova A.I. In 2 volumes 2020. – P. 181-188.

© Канунникова О.М., Страдина О.А., Тихонова О.С., Назипова Э.М., 2023 Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №2/2023

Для цитирования: Канунникова О.М., Страдина О.А., Тихонова О.С., Назипова Э.М. Сравнительный анализ изменения минерализации по глубине подземных вод Удмуртии и Кавказских минеральных вод // Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №2/2023