

ОЦЕНКА РОЛИ ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКОГО, ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО И ТЕХНОГЕННОГО ФАКТОРОВ В ФОРМИРОВАНИИ СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД РАЙОНА г. СЕМИЛУКИ (ВОРОНЕЖСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Г. В. Войцеховский, В. А. Шатров*

Воронежский государственный университет,
*ЗОО «Тюменьпромгеофизика»

Поступила в редакцию 16 февраля 2009 г.

Аннотация. На состав подземных вод влияют как химический состав водовмещающих пород, так и химический состав верхней части (до глубины первых метров) водоупоров. Влияние пелитов на состав воды зависит от минерального состава глинистых минералов, возрастает при наличии фациальных замещений в разрезе между псаммитами и пелитами и локальных тектонических нарушений. Корреляционная связь в системе вода – коллектор возрастает при повышении проницаемости среды (увеличение пористости, трещиноватости). Физико-химические особенности подземных вод (общая жесткость, состав макрокомпонентов) определяются рядом факторов, в том числе и типом питания водоносного горизонта (смешение водоносных горизонтов в зоне разгрузки). Техногенное воздействие выражено в повышенном содержании нитратов, что свидетельствует о слабой защищенности водоносных горизонтов от их поверхностного антропогенного загрязнения.

Ключевые слова: геохимия, гидрогеология, экология, корреляция.

Abstract. On composition of underground water affect as chemical composition waterinesly sorts, so and chemical composition of the higher part (before depth of the first metre) water-resistants. The Influence pelits on composition of water depends on mineral composition clayey mineral, increases at presence facies replace in cut between psammit and pelits and local tectonick breaches. Correlation relationship in system water – collector increases at increasing of permeability of the ambience (increase to porosity, cracking). Physico-chemical particularities of underground water (general acerbity, composition macrocomponents) are defined beside factor, including type of the feeding water-yielding horizon (the melange water-yielding horizon in zone of the unload). Tehnogen influence is expressed in raised contents nitrate that is indicative of weak protected water-yieldingly horizon from their surrface anthropogently contamination.

Key words: Geochemy, gidrogeology, ecology, correlation.

Введение

Целью исследования является выявление соотношения литогеохимического, гидрогеологического и техногенного факторов в формировании состава подземных вод в районе г. Семилуки (Воронежская область). Выбор объектов обусловлен хорошей обнаженностью литологических разрезов и наличием выходов на дневную поверхность водоносных горизонтов девонского, мелового и четвертичного возраста, что позволяет изучить вещественный (элементный и минеральный) состав слагающих разрез пород и геохимические особенности подземных вод.

Реализация поставленной цели, обусловила решение следующих задач: детальное изучение

элементного состава вмещающих пород, а также химического и элементного состава подземных вод; проведение корреляционного анализа для выявления связей между элементным составом осадочных пород и между элементным составом вмещающих пород (коллекторов, водоупоров) и подземных вод; исследование экологических особенностей зоны аэрации.

Краткая характеристика разреза осадочных пород

Изученным разрезом является естественное обнажение в пределах водораздельной части р. Дон-Ведуга (рис. 1) в районе г. Семилуки (Воронежская область). Сводный разрез осадочных пород представлен следующим образом (снизу вверх).

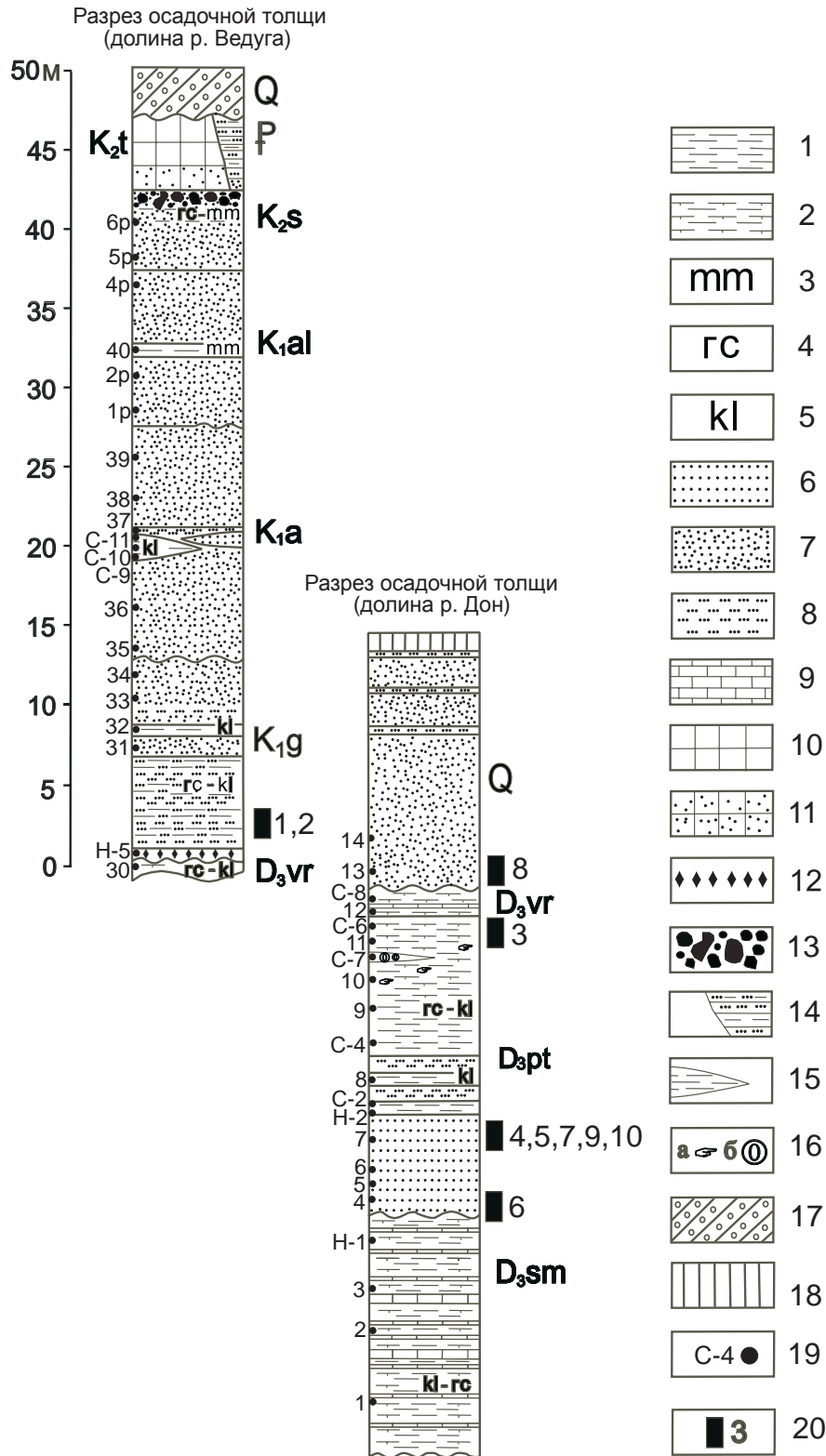


Рис. 1. Стратиграфические колонки осадочной толщи в пределах водораздельной части р. Дон-Ведуга (с местами отбора проб): 1 – глина; 2 – известковистая глина; 3–5 – минералогический состав глин: 3 – монтмориллонитовый, 4 – гидрослюдистый, 5 – каолиновый; 6 – песчаник; 7 – песок; 8 – алеврит; 9 – известняк; 10 – мел; 11 – запесоченный мел («сурка»); 12 – сидерит; 13 – фосфорит; 14 – отложения карстовых воронок; 15 – линзы различного вещественного состава; 16 а) кристаллы гипса, б) ожелезнение; 17 – морена; 18 – суглинки покровные; 19 – места отбора проб осадочных пород, их номера; 20 – гипсометрическая привязка точек отбора воды к разрезу, их номера

Семилукский горизонт (D_{3st}) сложен чередованием известняков с маломощными (десятки сантиметров) прослоями глин [1]. Известняки зеленовато-серые органогенно-обломочные, неравномерно глинистые горизонтально- или прерывисто-волнисто-слоистые, неравномерно перекристаллизованные. Глины зеленовато-желтые, неслоистые, известковистые, слабо алевритистые, по составу каолинит-гидрослюдистые и примесью хлорита [2; 3]. Видимая мощность горизонта 15–20 м.

Петинский горизонт (D_{3pt}) залегает с размывом на глинах семилукского возраста. В нижней части горизонт представлен пестроокрашенными кварцевыми разнозернистыми (от грубо- до крупнозернистых) косослоистыми плохоотсортированными песчаниками с железисто-глинистым цементом. Выше по разрезу они сменяются желтовато-серыми кварцевыми мелкозернистыми песчаниками с мульдвидной и прерывисто-горизонтальной слоистостью, глинистым цементом, тонкорасеянной примесью ильменита. Глины нижней части разреза желто-серого и бурого цвета, плотные, неслоистые, гидрослюдисто-каолинитовые и каолинитовые [3], слабо алевритистые, неизвестковистые, залегают в виде маломощных прослоев, переслаиваются с алевритами светло-серого цвета, неслоистыми, кварцевыми, глинистыми. В верхней части разреза глины коричневатобурые, тонкогоризонтально-слоистые и неяснослоистые, гидрослюдисто-каолинитовые, слабо алевритистые, известковистые (карбонатность возрастает вверх по разрезу). В глинах встречаются: тонкоперетертый детрит, единичные кораллы, кристаллы гипса размером до первых сантиметров, оолиты железистых лептохлоритов размером до 1 мм, линзы ожелезненной породы гематит-гетит-каолинит-кальцитового состава. Мощность горизонта 13–14 м.

Воронежский горизонт (D_{3vr}) сложен глинами серо-голубого цвета, каолинитовыми и хлорит-гидрослюдисто-каолинитовыми по составу [3], слабоалевритистыми, неравномерно известковистыми, с отдельными линзами и маломощными (0,1–0,2 м) прослоями светло-серых органогенно-обломочных, частично перекристаллизованных известняков. Видимая мощность горизонта около 1 м.

Готеривский ярус (K_1g). В основании яруса залегает «сидеритовая плита», мощностью 0,3–0,5 м, представленная сидеритовым песчаником, частично гематитизированным [4]. В разрезе выделя-

ют две толщи: 1) нижнюю, глинисто-алевритовую, сложенную алевритами серыми, неявно-горизонтально-слоистыми, слюдисто-кварцевыми, с примесью глауконита и тонкоперетертого углефицированного детрита, глинистыми, и глинами коричневатосерыми, неявнослоистыми, гидрослюдисто-каолинитовыми, алевритистыми; 2) верхнюю, алеврито-песчаную, сложенную алевритами светло-серыми, неявно-горизонтально-слоистыми, слюдисто-кварцевыми, в разной степени глинистыми, и песками желтовато-серыми и серыми, неявно-горизонтально- и горизонтально-слоистыми, разнозернистыми (мелко-среднезернистыми до тонкозернистых), слюдисто-кварцевыми, в различной степени глинистыми. Глинистая составляющая обломочных пород представлена каолинитом. Мощность яруса около 15 м.

Отложения *аптского яруса (K_1a)* залегают с размывом на породах готерива и подразделяются на три толщи: *нижнюю*, песчано-гравийную, сложенную пестроокрашенными кварцевыми песками с однонаправленной и диагональной кривой слоистостью речного типа, гравийными, разно- и крупнозернистыми; *среднюю*, представленную каолинитовыми глинами мощностью до нескольких метров, перекрытыми «пастиловидными» тонкозернистыми песками и алевритами; *верхнюю*, сложенную светло-желтыми и белыми разнозернистыми кварцевыми песками с линзами кварцитовидных мелкозернистых песчаников, фрагментами корневой системы растений, захороненных в прижизненном положении. Мощность яруса 15–17 м.

Отложения *альбского яруса (K_1al)* залегают на песках апта с размывом, фиксируемым прослоем кварцевого гравия, сложены желтыми и зеленовато-серыми глауконит-кварцевыми песками, большей частью мелкозернистыми, хорошо сортированными, в верхней части глинистыми (глинистая составляющая представлена монтмориллонитом). В средней части разреза залегает слой монтмориллонитовой глины, мощностью 0,4–0,5 м. Мощность альба хорошо выдержана по площади, изменяется в пределах 10–12 м.

Сеноманский ярус (K_2s) сложен зеленовато-серыми, мелкозернистыми, глауконит-кварцевыми (глауконита 7–12 %) песками, глинистыми, с прослоями глин и алевритов, в верхней части разреза обогащенных желваками фосфоритов, часто сгруженных в фосфоритовую плиту. Глины преимущественно монтмориллонитового состава, с примесью гидрослюды [3]. В кровле залегает песчаный

мел «сурка» мощностью 0,5 м, с включениями мелких желваков и гальки фосфоритов, постепенно переходящий в писчий мел туронского яруса. Мощность сеноманского яруса 6 м.

Туронский ярус (K_2t) сложен белым писчим мелом, слабо глинистым, запесоченным, мощностью 4 м. Для меловой толщи характерны поверхностные карстовые формы, заполненные глинами и песчано-алевритовыми породами зеленовато-серого цвета, глауконит-кварцевого состава, относимыми к *олигоцену* ($P_{3gr} + P_{3knt}$) [5].

Отложения четвертичного возраста (неоплейстоцен $f_1lg^{os}Q_1 ds$) [5] представлены фрагментарно, в виде песчано-алевритовой толщи, залегающей с размывом на глинах воронежского горизонта. Пески серые и желтые, косослоистые, разномзернистые, в нижней части разреза гравелитистые, кварцевые; в средней части – горизонтально-слоистые, мелко-среднезернистые и мелкозернистые, слабоглинистые. Алевриты желтовато-серые, неявно тонкогоризонтально-слоистые, слюдисто-кварцевые, глинистые. Глинистая составляющая представлена каолинитом, вверх по разрезу глинистость увеличивается. Мощность толщи более 20 м.

В пределах водораздельной части р. Дон-Ведуга отмечены выходы на дневную поверхность в виде родников, ручьев, мочежин трех водоносных горизонтов: петинского, мелового (готерив-сеноманского) и четвертичного. Межпластовые воды петинского водоносного горизонта в виде многочисленных родников, ручьев, мочежин приурочены к правому крутому борту р. Дон. Водовмещающей толщей являются песчаники и алевриты петинского горизонта, водоупором служат глины семилукского горизонта. Водоносный горизонт имеет небольшую мощность (первые метры), родники характеризуются незначительным дебитом (до 2 л/мин). Грунтовые воды мелового водоносного горизонта выходят на дневную поверхность в виде родников и ручьев на правом крутом берегу р. Ведуга. Коллектором выступает вся толща мела, включающая отложения верхней алеврито-песчаной пачки готерива, песчаные отложения апта, альба, сеномана. Глинистые прослои и линзы не имеют сплошного развития, выступают в виде локальных водоупоров. Водоупором служат алевритистые глины нижней пачки готеривского яруса и глины воронежского горизонта. Кровлей водоносного горизонта являются карбонатные породы туронского яруса. Незначительное скопление воды наблюдается в трещиноватой сидеритовой плите, залегающей в подошве готеривского яруса и под-

стилаемой глинами воронежского горизонта. Грунтовые воды четвертичного водоносного горизонта приурочены большей частью к песчано-алевритовой толще на правом борту долины р. Дон. Питание горизонта преимущественно за счет инфильтрации атмосферных осадков. Водоупором служат водонепроницаемые глины воронежского горизонта.

Отбор проб

Для изучения элементного состава осадочных пород разреза пород отбирались индивидуальные штучные пробы, как по водовмещающим (пески, песчаники, алевриты), так и по водоупорным породам (глины). Образцы глин отбирались преимущественно с верхней части подстилающих и нижней части перекрывающих отложений, непосредственно контактирующих с подземными водами и влияющих на их состав. Большое количество проб (40) позволяет достаточно полно охарактеризовать разрез осадочной толщи (табл. 1, 2).

Отбор проб подземных вод осуществлен в летний период 2004 г. из естественных выходов подземных вод в районе г. Семилуки. Всего опробовано 10 родников (см. табл. 3), в том числе: два родника приурочены к готерив-сеноманскому терригенному комплексу (родн. № 1, 2), расположенные в правом борту долины р. Ведуга вблизи устьевой части овра. Пятиглавый; 8 выходов подземных вод (родн. № 3–10) расположены в пределах крутого правого борта долины р. Дон ниже населенного пункта (г. Семилуки). Не исключается, что часть источников имеет комплексный характер питания, включающий в себя смешанные воды готерив-сеноманского, петинского и четвертичного комплексов.

Лабораторная база и методология изучения

1. Содержание элементов в осадочных породах определено методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS) в лаборатории ИГЕМ РАН (г. Москва) с использованием квадрупольного масс-спектрометра PLASMA QUAD PQ2+TURBO английской фирмы «VG Instruments», используемая навеска – 50 мг.

2. Общие химические анализы воды и атомно-абсорбционные анализы на содержание микрокомпонентов выполнялись в сертифицированной аккредитованной лаборатории ГЦАС «Воронежский».

3. Содержание элементов в воде определено с помощью атомно-эмиссионного спектрального

Таблица 1
Содержание микроэлементов в отложениях Франского яруса, г/т

Элементы	№ пробы, возраст															Воронежский горизонт				
	Семилукский горизонт					Петинский горизонт					Воронежский горизонт					12	С-8	30		
	1	2	3	Н-1	4	5	6	7	Н-2	С-2	8	С-4	9	10	С-7				11	С-6
Li	66,3	172,5	145,9	не уч.	31,9	18,4	21,8	284,2	не уч.	не уч.	не уч.	не уч.	594,3	49,2	не уч.	51,7	не уч.	277,5	не уч.	272,9
Be	4,1	5,6	6,4	не уч.	0,8	0,61	0,5	2,6	не уч.	не уч.	5,9	не уч.	6,2	6,6	не уч.	14,8	не уч.	6,72	не уч.	5,53
P	1583	1051	2422	7360	390,8	188,8	142,9	882,1	5240	0	1700	5960	4318	не уч.	7580	не уч.	10700	не уч.	5790	3254,2
S	не уч.	не уч.	не уч.	5970	не уч.	не уч.	не уч.	не уч.	5640	562	не уч.	4080	не уч.	не уч.	4240	не уч.	4620	не уч.	4280	не уч.
Sc	28,7	31,96	19,4	50	4,4	0,35	3,4	16,7	79	8,8	52,7	41	58,8	21,1	25	33,7	43	34,8	47	40,8
Ti	не уч.	6816	не уч.	не уч.	не уч.	3634	6372	не уч.	не уч.	не уч.	не уч.	не уч.	10370	3253	не уч.	1820	не уч.	не уч.	не уч.	9138,7
V	87,8	105,4	152,4	76	79	26,2	36,3	78,6	98	424,5	191	308,8	не уч.	не уч.	60	не уч.	не уч.	158,7	99	184,1
Cr	37	46,4	90,1	328	108,8	44,2	н. о.	117,1	311	305	198,8	532	114,7	93,6	1650	101,7	1480	111,6	420	234,8
Mn	не уч.	не уч.	не уч.	не уч.	не уч.	не уч.	231,4	228,3	239	169	165,1	517	не уч.	не уч.	не уч.	не уч.	не уч.	не уч.	611	не уч.
Co	15	24	38,8	7,4	26,7	13,4	3	13,8	5,6	5,7	27,4	3,4	72,1	66,1	9,2	72,5	2,1	39,2	9,5	26,7
Ni	22,8	36,1	41,4	8,3	45,1	14,2	н. о.	27,2	13	18	51,1	2,3	82,6	69,7	н. о.	52,2	25	35,5	2,1	82,7
Cu	123	86,6	105,6	4,4	93	61,4	182,3	72,9	6,3	22	150,9	н. о.	283,4	104,9	н. о.	46,6	н. о.	71,8	1,6	104,6
Zn	не уч.	не уч.	не уч.	н. о.	н. о.	н. о.	3137	не уч.	н. о.	128	3501	н. о.	4649	не уч.	н. о.	не уч.	н. о.	не уч.	н. о.	150,9
Ga	9	13,7	20,2	18	5,3	2,5	2,9	14,4	63	57	48,9	55	32,4	13	9,9	13,2	17	24,3	41	35,5
Ge	6,9	0,4	0,5	4	1	8,8	2	1,4	4,8	13	2,3	8,8	1,5	2,4	23	2,1	20	2,2	5,3	2,6
As	62,5	75,8	38,4	7,3	2,3	2,1	1,3	25,6	3,3	5,6	157,7	18	48,6	108,3	16	70,3	47	134,5	24	156
Se	5,40	2	11,4	42	10	0	3,3	10,4	21	18	8,8	16	14,9	10,5	15	0,8	21	0	21	19,4
Rb	43,5	54,5	70,99	41	6,7	4,5	3,7	3,9	13	16	20,5	31	55,2	38,2	18	17,6	17	110,2	73	96,4
Y	13,9	20,1	29	15	9,0	5,4	4,4	47,6	26	16,3	22,6	15	23,2	38,8	8	38,7	25	25,2	13,3	13,8
Sr	не уч.	не уч.	215,8	не уч.	26,6	17,7	13,5	51	85	79	156,8	106	192,5	не уч.	65	125,5	89	231,9	109	122,5
Zr	135	201,7	368,4	209	140,4	108,2	95,3	1378	не уч.	124	433,1	не уч.	160,2	313,2	102	235	187	164,5	215	179
Nb	26,7	35,9	74,8	31	18,7	9,6	7,6	41,6	50	38	47,8	30	17,7	19,9	6	8,6	9,2	18,5	16	28,6
Mo	0,4	0,32	1,4	0,07	1,8	1,7	0,3	0,6	0,4	н. о.	2,4	2,1	0,4	3,2	0,5	2,8	1,8	0,3	0,19	0,6
Ag	1,3	1,4	2,3	0,03	1,6	1,6	0,8	2,3	н. о.	0,8	2	0,02	1,4	4,1	н. о.	1,3	н. о.	1	н. о.	0,8
Cd	0,4	0,7	1,4	н. о.	0,6	0,01	0,1	1,7	н. о.	н. о.	1,1	н. о.	0,5	0,9	н. о.	0,7	н. о.	0,7	н. о.	3,6
Sn	2,1	2,7	2,6	1	1,6	0,8	0,9	2,3	5,1	4,2	5,1	2,3	3,4	2,9	0,5	1,5	0,8	2,2	1,6	47,9

Окончание табл. 1

Sb	2	0,5	0,2	н.о.	н.о.	1,6	10,8	0,4	н.о.	5,4	1,9	н.о.	2,1	3,3	н.о.	0,7	н.о.	н.о.	0,09
Te	н.о.	0,1	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	0,08	0,4	0,08	0,01	н.о.	0,01	0,6	0,2	0,04	0,5	0,3	0,2	0,06
J	не уч.	не уч.	не уч.	не уч.	не уч.	не уч.	не уч.	не уч.	4,6	0,6	не уч.	2,4	не уч.	не уч.	6,4	не уч.	13	не уч.	5,6
Cs	2,6	3	3	2,8	0,4	0,3	0,2	0,84	1,8	1,9	5,4	2,5	4,0	1,8	1,2	0,9	1,2	5,9	5,7
Ba	не уч.	не уч.	229,3	82	121,8	69,4	48,3	414,5	13	186	2420	285	2739	не уч.	53	59,1	45	не уч.	286
La	45,1	51,3	92,5	31,8	14,4	8,8	9,5	60,8	75	107	114	90	91,8	46,2	12,3	30,1	18,2	66,1	61
Ce	100,7	105,8	231,8	57,5	36,8	21	21,7	124,2	144	205	246	182	218	140,8	25,8	105,6	48,8	150,5	112
Pr	9,6	11,4	22,5	6,7	3,8	2,1	2,2	11,4	15,7	23	22,8	20	20,8	13,2	2,7	9,4	5	14,2	13
Nd	39,2	41,4	92,3	24,1	16,1	8,9	7,6	49,7	53,6	78	89	60	64,5	54,2	10	41,3	20	59,4	44
Sm	6,6	7,4	16,6	4,1	3,2	1,7	1,3	10,8	8,9	13	15	10	10,8	11,4	1,9	9,2	4,4	10,7	7,7
Eu	2,3	2,6	3,9	1,1	1,0	0,5	0,5	3,3	2	3,4	3,7	2,4	3,7	3,1	0,5	2,6	1,2	3,2	2,1
Gd	8	8,8	18,4	3,5	4,8	2,9	2,1	13,6	6,5	14	14,7	11	20,2	16	1,8	15,7	4,9	13,9	8,9
Tb	0,8	1,2	2,2	0,5	0,6	0,3	0,3	1,8	0,9	1,5	1,5	1,2	1,9	1,9	0,3	2,1	0,7	1,5	1
Dy	4,2	5,1	10,1	2,7	2,9	1,3	1,3	10,9	5,2	6,9	9,8	5,7	8,7	10,6	1,5	10,6	4,8	7,7	5,4
Ho	0,7	1	1,8	0,5	0,6	0,3	0,4	2,5	1	1,2	2,01	1,1	1,7	2,3	0,3	2,3	1	1,5	1
Er	2,4	2,9	5,3	1,4	1,8	0,9	0,9	8	2,7	3,5	5,5	3,3	5,1	6,6	1	6,8	3	4,4	3
Tm	0,3	0,4	0,6	0,2	0,2	0,1	0,1	1	0,4	0,5	0,7	0,5	0,6	0,9	0,1	1	0,4	0,6	0,4
Yb	1,7	2,4	4,0	1,2	1,4	0,9	1	5,7	2,3	3,3	4,7	3,1	5,9	6,8	1	7,7	3	4,1	3,1
Lu	0,2	0,3	0,5	0,2	0,2	0,08	0,2	0,8	0,4	16	0,6	15	0,8	1	0,2	1	0,4	0,6	13
Hf	5	9,4	15,4	6,1	5,7	4,1	5,4	19,5	13	9,2	15,6	10	10	12,6	3,1	9,6	4,7	7,5	6,6
Ta	5,1	3,8	9,8	не уч.	3,5	1,6	1,1	3,8	не уч.	не уч.	8,3	не уч.	3,5	3,3	не уч.	1,2	не уч.	2,8	не уч.
W	1,5	0,8	2	не уч.	14,9	62,4	29,4	1,2	не уч.	не уч.	3,7	не уч.	2,6	5,8	не уч.	4,7	не уч.	2,1	не уч.
Au	0,4	0,5	0,8	0,09	0,8	0,2	0,003	0,2	0,1	0,1	1	0,06	0,3	н.о.	н.о.	0,5	н.о.	0,3	0,03
Hg	1,9	0,007	2,9	н.о.	4,7	7,8	0,4	0,8	н.о.	0,9	н.о.	0,1	н.о.	н.о.	н.о.	1,1	2,3	н.о.	0,02
Tl	0,2	0,1	0,3	0,07	0,08	0,1	0,07	0,06	0,2	0,2	0,8	0,3	0,5	н.о.	0,1	0,21	0,1	0,4	0,3
Pb	10,6	8,1	21,4	2	7,7	4,1	3,9	18,4	33	49	58,5	23	28,1	н.о.	11	29,3	18	20,8	18
Bi	0,2	0,2	0,2	н.о.	0,1	0,1	0,07	0,15	0,3	н.о.	0,7	0,2	0,4	н.о.	0,02	0,9	0,5	0,37	0,1
Th	4,3	5,8	11,6	3,7	5,3	2,2	3	10,1	18	14	33,9	16	25,7	н.о.	3,7	13,8	7,9	13,5	11
U	1	1,2	2,2	1	0,9	0,6	0,8	2,4	6,4	8,8	8,7	4,6	3,4	н.о.	3,6	5,8	3,4	4	2,2

Примечание: не уч. – не учтено, н.о. – не обнаружено

Таблица 2

Содержание микроэлементов в меловых отложениях, г/т

Элементы	№ пробы, возраст														сеноманский ярус	эоплейстоцен						
	Н-5	31	32	33	34	35	36	37	38	39	С-9	С-10	С-11	1р			2р	4р	40	5р	6р	13
	гоперивский ярус							аптский ярус							альбский ярус							
Li	не уч.	6,5	92,8	65,3	66,5	12,6	9,56	34,2	9,3	6,5	не уч.	не уч.	не уч.	не уч.	не уч.	13	не уч.	не уч.	36	31,3	27	
Be	1,6	0,9	1,5	0,9	0,9	0,1	0,2	0,2	0,04	0,2	не уч.	не уч.	не уч.	2,3	1,3	0,4	0,9	4,9	1,7	0,3	0,6	
P	не уч.	н.о.	169,9	537,8	1387	212,9	292,3	не уч.	268,2	289,5	не уч.	не уч.	не уч.	не уч.	не уч.	не уч.	428,8	не уч.	не уч.	не уч.	437,3	1839
Sc	н.о.	6,3	10,3	6,55	13,8	4,3	5,2	4	2,6	4,2	15	8,3	36	4,1	7,3	15	47,6	40	58	5,8	13,8	
Ti	не уч.	2647	3049	1424	2625	424,6	217,2	1640	642,2	540,9	не уч.	не уч.	не уч.	1720	2210	1420	не уч.	не уч.	3160	1513	841,7	
V	14	15,8	38,9	23,2	31,8	6,3	4,4	16,9	5,3	7,9	41	53	58	10	7,7	64	не уч.	не уч.	185	25	25,3	
Cr	1830	26,7	48,5	42,6	54,5	7,4	12,9	7,5	5,5	9,4	193	197	241	н.о.	н.о.	73	22	22	87	22,2	70,3	
Mn	не уч.	58,7	58,7	351,8	88	211,5	38,8	39	19	23,1	30	55	116	52	62	292	54,4	99	405	531	199,5	
Co	2	5,8	5,9	15,3	5,7	2,7	1,5	0,52	2,2	0,3	2,4	2,5	3,1	0,8	1,3	3,7	23,2	4,5	12	14,2	7,3	
Ni	5,1	11,2	11,6	30,6	35,5	11,7	19,9	8,2	11,8	8	7,1	13	14	н.о.	н.о.	36	21,9	7,6	49	22,5	47,9	
Cu	6,4	19,2	34,8	50,7	67,4	41,7	96,4	94,3	55,5	29,1	0	4,5	8,1	27	44	46	68,3	22	32	43,9	91,6	
Zn	15	н.о.	16,4	70,3	451,9	140,9	126	42,3	530,2	11,7	0	9,7	43	0	3,3	16	300,8	2,7	31	30,5	107	
Ga	9,3	4,4	7,6	5,2	6,4	1,8	1,8	3,5	1,6	1,9	32	38	49	1,9	2	5,1	21,2	6,5	16	2,6	2,9	
Ge	30	158,3	1,2	1,2	1,9	1	1,4	0,8	0,6	0,7	2	5,2	6,5	1,2	1,3	2,5	1,5	2,7	2,9	0,9	4,5	
As	4,9	4,8	3,5	5,6	4,9	3,2	2,9	3,2	3,1	1,9	н.о.	2,6	4,4	1,6	2,9	17	6,3	19	219	5,1	4,9	
Se	13	6,3	4,7	10,1	16,8	7,7	17,2	10,1	5,4	11,3	7	11	7,9	н.о.	н.о.	0,1	2,6	2	1,4	10	22,6	
Rb	13	1,3	17,1	8,5	10,4	4	3,4	1,8	3,6	5,7	9,8	13	4,7	17	16	14	9,4	48	52	8,8	6,6	
Sr	24	15,9	21,9	14,7	16,9	8,4	7	7,4	7,2	10,7	20	21	23	18	77	19	44,6	72	191	16,4	12,4	
Y	8,1	5,2	6,8	4,2	5,8	2,1	1,57	3,5	2,7	6,4	6,5	5,1	6,8	5,4	5,5	1,8	38,3	20	25	3,3	2,3	
Zr	25	66,5	91,2	48,5	75,3	29,3	21,6	72,2	38,7	20,5	19	141	183	116	100	37	389,9	97	132	22,8	23,5	
Nb	2,2	6,5	4,8	2,9	5,5	1,9	1,8	5,5	2,2	1,6	9,1	9,3	21	3,3	2,8	1,6	22,4	4,1	3,5	2,5	5,5	
Mo	0,4	0,6	0,2	1,6	0,7	н.о.	н.о.	0,09	0,07	0,07	0,04	0,5	1	0,2	н.о.	0,6	0,3	0,3	0,8	0,9	1,4	
Ag	1	0,4	0,7	0,4	2,6	0,16	0,5	1,7	0,7	0,2	н.о.	0,4	0,6	н.о.	н.о.	1	1,9	н.о.	0,05	0,4	0,6	
Cd	0,7	2,9	1,5	6,9	4,7	7,1	4,3	57,8	6,8	4,9	н.о.	0,1	0,5	н.о.	н.о.	0,2	6,9	н.о.	0,3	0,6	4,5	
Sn	0,7	50,3	22,2	101,8	72,6	103,7	78,2	не уч.	122	80,5	1,6	2,4	4,2	4,1	4,9	1,6	89,9	1,4	0,95	1,5	86,5	
Sb	9,4	208,4	0,3	0,44	1,2	0,2	0,05	0,3	н.о.	0,1	н.о.	1,4	7,6	0,3	н.о.	0,5	0,3	н.о.	0,01	0,1	1,2	

Te	0	0,6	0,08	0,005	0,04	0,08	0,0	0,01	н. о.	0,1	н. о.	0,08	н. о.	н. о.	н. о.	0,2	н. о.	н. о.	н. о.	0,3	0,5
Cs	1	0,8	1,6	0,8	0,98	0,3	0,3	0,2	0,3	0,4	15	2	0,8	0,5	0,7	1	0,3	3	4,9	0,7	0,4
Ba	68	202,8	254,1	119,4	120,9	56,6	44,3	70,6	40,6	64,6	69	82	51	78	108	380	96,6	471	4090	81,6	63,2
La	15	16,8	19,3	13,1	15	5,7	4,1	5,9	5,1	8,5	28	13,8	21	6,2	25	5	17,5	41	34	7,4	4,8
Ce	29	38,4	44,4	28,9	32,8	13,1	9,4	13,6	14,8	22,1	50	22	35	12	77	8,2	115,8	81	66	20,5	12,8
Pr	3,2	4	4,6	3,2	3,5	1,3	0,95	1,5	1,6	2,27	5,7	2,6	4,3	1,4	9,8	0,83	21	11	8,5	2,0	1,1
Nd	12	14,3	16,9	12,9	14,7	5,2	3,3	5,7	6,2	9,2	19	8,4	14	5,9	38	3	120,1	43	35	7,2	4,8
Sm	1,8	1,7	2,7	2,5	3,1	1	0,5	0,9	1,8	1,8	3,4	1,5	2,5	1,1	5	0,54	34,7	8,3	7,6	1,5	1,3
Eu	0,6	0,6	0,7	0,4	0,6	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,8	0,3	0,6	0,3	0,9	0,17	8,2	1,8	2,4	0,4	0,2
Gd	3	2,9	3,9	2,1	3,1	1,5	0,9	1,2	1,5	2,8	3,9	1,1	2,7	1,5	4,4	0,56	33,8	9,1	8,2	1,9	1,2
Tb	0,4	0,4	0,5	0,2	0,4	0,1	0,08	0,2	0,2	0,4	0,5	0,2	0,4	0,2	0,5	0,06	4,76	1,3	1,1	0,2	0,1
Dy	2,1	2	2,5	1,8	2,4	0,7	0,4	1,2	1	2,4	2,7	1,1	2,1	1,5	2,6	0,28	21,7	6,6	5,4	0,3	0,7
Ho	0,5	0,3	0,4	0,3	0,4	0,2	0,08	0,2	0,2	0,4	0,5	0,2	0,5	0,3	0,3	0,08	3,3	1,3	1	0,3	0,2
Er	1,3	1	1,3	1	1,3	0,5	0,2	0,9	0,6	1,1	0,5	0,7	1,4	0,8	1,1	0,32	9,4	3,6	3	0,7	0,5
Tm	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,4	0,05	0,09	0,06	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,08	1,1	0,6	0,4	0,09	0,04
Yb	1,1	1,3	1,1	0,8	1,3	0,5	0,4	0,9	0,6	0,9	1,7	0,8	1,8	0,9	1,1	0,53	8	3,2	2,3	0,6	0,5
Lu	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,08	0,07	0,2	0,1	0,2	0,3	0,13	0,3	0,1	0,2	0,04	1	0,5	0,4	0,1	0,07
Y	8,1	5,2	6,8	4,2	5,8	2,1	1,57	3,5	2,7	6,4	6,5	5,1	6,8	5,4	5,5	1,8	38,3	20	25	3,3	2,3
Hf	0,8	4,1	6,4	2,4	3,2	1,4	1,4	4,5	1,6	0,98	6,2	4,2	5,6	4,1	4	1,2	18	5,5	5,9	1,2	1,2
Ta	0,8	1	0,8	0,7	0,7	0,4	0,3	1,2	0,3	0,2	не уч.	не уч.	не уч.	0,3	0,5	0,7	3,3	0,9	0,9	0,4	0,8
W	н. о.	206,7	3	8	10	5	5	3,3	30,5	4,4	не уч.	не уч.	не уч.	не уч.	не уч.	7,4	3,8	не уч.	3	4	12,1
As	н. о.	0,02	н. о.	н. о.	0,14	0,1	0,003	0,3	0,1	0,06	не уч.	не уч.	не уч.	не уч.	не уч.	н. о.	0,3	не уч.	н. о.	не уч.	не уч.
Hg	н. о.	25,4	н. о.	н. о.	0,3	0,8	0,3	3,8	2,7	2,3	0,01	0,04	0,1	н. о.	н. о.	н. о.	1,2	н. о.	0,1	н. о.	1,2
Tl	0,07	0,5	0,3	0,1	0,1	0,03	н. о.	0,001	0,01	0,03	0,09	0,1	0,07	0,1	0,07	0,2	0,09	0,4	0,5	0,09	0,06
Pb	4,1	9,7	11,5	12,2	8,2	2	2,6	5,2	4,7	11,7	13	22	15	н. о.	2,9	9,1	4,7	2,9	19	2,6	1,8
Bi	н. о.	0,1	0,2	0,09	0,2	0,07	0,02	0,2	0,07	0,06	н. о.	0,09	0,1	0,06	0,09	0,02	0,07	0,1	0,1	0,09	0,06
Th	1,4	6,2	9,4	4,8	5,8	2,4	1,3	3,8	1,7	1,6	10	9,5	8,6	1,8	1,8	2,5	4,3	8	6,9	2,6	1,3
U	0,5	1,3	1,7	1,9	1,5	0,96	0,5	1,7	0,8	0,9	2,3	1,8	3,3	0,43	0,49	1	4,8	7,7	30	0,7	0,7

Примечание: не уч. – не учтено, н. о. – не обнаружено

Таблица 3

Результаты химических анализов воды

№ п/п	Адрес отбора проб	pH	Ионный состав мг/дм ³										Микроэлементы мг/дм ³							Жесткость ммоль/дм ³	Тип воды
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Fe _{общ}	NO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Zn ²⁺	Cd ²⁺	Mn ²⁺	Cu ²⁺	Ni ²⁺	Pb ²⁺	As ²⁺			
1	Долина р. Ведуги, правый борт	6,8	86	24	15	0,8	0,02	н.о.	65	8,5	306	5,61	0,44	15,2	5,93	6,6	0,65	3,56	3,0	сульфатно-гидрокарбонатный / магниево-кальциевый	
2		7	100	9,6	5	1,2	0,13	н.о.	4	2,83	408	6,12	0,49	12,88	5,84	5,52	0,59	4,02	2,9	гидрокарбонатный / кальциевый	
3		7,15	165	48	65	0,8	0,03	70	160	110,4	576	7,0	0,37	16,3	10,16	6,03	0,49	3,96	6,13	трехкомпонентный / магниево-натриево-кальциевый	
4		7,6	145	39	40	1,3	0,05	88	80,2	500	6,35	0,21	14,03	5,31	3,7	0,52	5,12	5,25	5,0	гидрокарбонатный / магниево-натриево-кальциевый	
5		7	133	40,2	20	0,7	0,02	84	56,6	483	4,9	0,19	12,82	4,23	2,59	0,37	4,68	5,0	5,35	сульфатно-гидрокарбонатный / магниево-кальциевый	
6		7,8	139	45	18	0,8	0,05	40	60,4	438	5,85	0,4	15,05	2,98	3,11	0,28	5,09	5,35	5,35	сульфатно-гидрокарбонатный / магниево-кальциевый	
7	Долина р. Дон, правый борт	7	111	44,4	15	0,5	0,15	60	52,8	453	3,99	0,25	19,7	8,6	4,23	0,5	4,8	4,62	4,62	гидрокарбонатный / магниево-кальциевый	
8		7,15	94	31,5	16	0,5	0,07	40	2,6	444	6,73	0,19	14,26	2,81	4,5	0,34	3,85	3,66	3,66	гидрокарбонатный / магниево-кальциевый	
9		6,8	196	18,6	28	1,3	0,05	200	21,3	456	5,12	0,35	18,7	3,04	6,0	0,33	3,46	5,75	5,75	сульфатно-гидрокарбонатный / магниево-натриево-кальциевый	
10		7,2	88	28,8	18	1,1	0,38	60	37,8	381	4,9	0,28	15,26	2,46	3,05	0,25	4,1	3,4	3,4	гидрокарбонатный / магниево-кальциевый	

Примечание: н. о. – не обнаружено

анализа на 34 элемента (табл. 4) (лаборатория спектрального анализа НИИ геологии Воронежского госуниверситета, аналитик – канд. физ.-мат. наук М. А. Ефимова). Применялся приближенно-количественный метод Клера (ошибка измерения для разных элементов – от 20 до 50 %) в соответствии со стандартом предприятия СТП 6-09.07-84 с использованием спектрографа со скрещенной

дисперсией СТЭ-1. Содержания Mn, Ni, Cu, Zn в воде продублированы, с учетом ошибки измерения результаты атомно-эмиссионного спектрального анализа можно считать удовлетворительными. Подготовка проб воды для атомно-эмиссионного спектрального анализа проведена в гидрогеологической лаборатории Воронежского госуниверситета.

Таблица 4

Результаты спектрального анализа воды, г/т

Элемент	Чувствительность N*10 ⁻³ %	№ пробы									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mn	0,04	17,8	17,8	26,5	17,8	12	17,8	12	12	17,8	39,3
Ti	0,003	13,2	22,9	13,2	22,9	39,8	69,2	69,2	39,8	39,8	69,2
V	0,003	7,9	7,9	7,9	7,9	10,6	7,9	10,6	7,9	7,9	10,6
Cr	0,007	11	19,3	14,6	14,6	14,6	11,0	14,6	14,6	14,6	19,3
Zr	0,01	7,5	11	11	11	11	7,5	11	16	16	1,1
Hf	10	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.
Nb	0,025	сл.	сл.	сл.	сл.	сл.	сл.	сл.	сл.	сл.	сл.
Ta	20	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.
Be	0,00004	0,21	0,21	0,21	0,3	0,3	0,21	0,3	0,3	0,3	0,21
Sc	0,004	сл.	сл.	сл.	сл.	сл.	сл.	сл.	сл.	сл.	сл.
Y	0,002	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	9,3	6,8	6,8	6,8	6,8
Yb	0,002	0,94	0,62	0,6	0,9	0,6	0,9	0,6	0,6	0,6	0,9
Ba	4	сл.	сл.	сл.	сл.	сл.	сл.	сл.	сл.	сл.	сл.
Sr	1	сл.	сл.	сл.	сл.	сл.	сл.	сл.	сл.	сл.	сл.
Ga	0,004	0,7	1,1	0,7	1,1	0,7	0,7	1,1	0,7	0,1	0,7
W	4	н.о	н.о	н.о	н.о	н.о	н.о	н.о	н.о	н.о	н.о
Ni	0,003	5,6	3,8	3,8	3,8	5,6	5,6	1,7	02,6	3,8	2,6
Co	0,004	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.
Mo	0,002	0,7	1,2	1,2	0,7	0,7	1,2	0,7	1,2	1,2	0,7
Cu	0,0002	4,9	3,4	4,9	2,3	2,3	4,9	3,4	4,9	2,3	2,3
Pb	0,07	сл.	сл.	сл.	сл.	сл.	сл.	сл.	сл.	сл.	сл.
Ag	0,0002	сл.	0,2	0,2	0,09	сл.	0,9	0,4	0,2	0,2	0,9
Sb	10	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.
Bi	0,5	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.
As	4	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.
Zn	0,15	59,2	59,2	90,7	90,7	90,7	90,7	59,2	59,2	90,7	59,2
Cd	1,5	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	сл.	сл.	сл.	сл.
Sn	0,002	сл.	сл.	сл.	сл.	сл.	сл.	сл.	сл.	сл.	н. о.
Ge	0,3	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.
In	0,3	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.
P	40	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.
Li	0,07	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.
Tl	2,5	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.
Hg	10	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.

Примечание: сл. – следы, н. о. – не обнаружено

При изучении особенностей химического состава подземных вод и вмещающих их пород применялись методы математической статистики с помощью пакета StatSoft Statistika v.6. Корреляционный анализ позволяет выявить зависимости между значениями содержаний всех химических элементов в различных типах пород и установить их количественно, между элементным составом пород и подземных вод. Для изученного разреза корреляционный анализ проведен на уровнях элементов и пород, при статистической значимости (p -уровень, где $p < 0,05$). Недостатком проведенного корреляционного анализа между элементным составом пород и подземных вод является небольшой объем выборки элементов (всего 13 компонентов) (см. табл. 4).

Результаты изучения и их обсуждение Осадочные породы

Результаты элементного изучения осадочных пород приведены в таблицах 1, 2. Корреляционный анализ проведен для 51 элемента, сделаны обобщения, касающиеся распределения элементов в породах и минералах.

1. По содержанию элементов можно выделить группы: а) превышающие кларки [6] (см. табл. 5): Li, Be, P, Sc, Cr, Co, Cu, Ge, Zn, As, Se, Zr (только в девонских породах), Ag, Cd, Te, Hf, Au, Hg, Bi; б) ниже кларков: Ti, Ni, Ga, Cs, Tl, As, Rb, Sr, Zr (только в меловых породах), Mo, Sn; в) находящиеся на уровне кларков: V, Nb, Sb, Ba, Ta, Pb, Th, U, лантаноиды.

2. По форме нахождения элементов можно выделить группы, соответствующие минеральному уровню: а) входящие в состав собственных минералов: Be, P, Ti, Zr, Sn, W, Hg; б) входящие изоморфно в минералы других элементов: Sc, V, Cr, Nb; в) входящие в состав сульфидов: Cu, Mo, Sb, Pb; г) сорбированные глинистыми минералами: Li, P, Sc, V, Cr, Ga, As, Sr, Nb, Te, Cs, Zr, Ba, Hf, Ta, Tl, Pb, Bi, Th, U, лантаноиды; д) находящиеся, предположительно, в виде самородных соединений: Au, Ag; е) с неустановленной формой нахождения: Co, Ni, Zn, Ge, Se, Sc, Rb, Cd.

Для разреза характерно близкое распределение элементов, при этом большинство из них, превышающие кларки, представлены преимущественно халькофилами: металлами (Zn, Cu, Cd, Hg, Ag, Bi, Au) и неметаллами (As, Se, Te); литофильно-халькофильными (Ge); металлами группы железа (Cr, Co); литофилами (Zr, Hf, Sc, Be) [7]. Большинство из них входит в состав глинистых минералов (Li, P, Sc, Cr, As, Te, Zr, Hf, Bi, лантаноиды) или находится в виде самородных соединений (Au, Ag). Породы девона характеризуются более высокими по сравнению с мелом концентрациями большинства элементов, особенно высокоподвижных (As, Se, Te, Hg). Наиболее значимые концентрации элементов (As, Se, Ag, Cd, Au, Bi), превышающие кларк в 10 и более раз, также характерны в большей мере для девона (см. табл. 1, 2).

Учитывая, что осадконакопление в пределах большей части Воронежской антеклизы, начиная с

Таблица 5

Среднее содержание элементов в осадочных породах (глины и сланцы)
(по А. П. Виноградову [2]), г/т

Элемент	Содержание	Элемент	Содержание	Элемент	Содержание
Li	60	Zr	200	Dy	4,5
Be	30	Nb	20	Ho	1
P	770	Mo	2	Er	2,5
Sc	10	Ag	0,1	Tm	0,25
Ti	4 500	Cd	0,03	Yb	3
V	130	Sn	10	Lu	0,7
Cr	100	Sb	2	Hf	6
Mn	670	Te	0,01	Ta	3,5
Co	20	J	1	W	2
Ni	95	Cs	12	Au	0,001
Cu	57	Ba	800	Hg	0,4
Zn	80	La	40	Tl	1
Ga	30	Ce	50	Pb	20
Ge	2	Pr	5	Bi	0,01
As	6, 6	Nd	23	Th	11
Se	0, 6	Sm	6,5	U	3,2
Rb	200	Eu	1	S	3 000
Y	30	Gd	6,5		
Sr	450	Tb	0,9		

девона, происходило преимущественно в относительно мелководных эпиконтинентальных морских бассейнах при практически неизменной области сноса [8; 9], различия в элементном составе пород могут быть обусловлены: 1) большим разнообразием в девоне петрографических типов пород в области размыва по сравнению с мелом и неоплейстоценом, при этом для мезозоя-кайнозоя областями денудации выступали и собственно девонские образования; 2) эндогенными процессами в девоне (эффузивная и вулканическая деятельности) [10].

На основании корреляционного анализа были определены следующие зависимости: 1) распределение элементов в породах в большей степени – зависит от фациальной обстановки седиментации, в меньшей степени от их вещественного состава; 2) положительные корреляционные связи образуются как внутри стратиграфического подразделения, так и между подразделениями, образованными в близких условиях седиментации; резкая смена фациальных обстановок, климата приводит к образованию отрицательных корреляционных связей; 3) влияние состава размываемых пород суши на распределение элементов в эпиплатформенных условиях седиментации менее значительно в виду многократного перебива осадков, приводящего к их гомогенизации и возрастанию роли фациальной обстановки.

Подземные воды

Для отображения химического типа воды использовалась формула Курлова. Результаты анализов приведены в таблице 3, в целом вариации содержаний определенных в подземных водах элементов незначительны. Анализ полученных результатов позволяет выявить особенности состава подземных вод.

1. Большинство проб воды имеют нейтральный характер (рН 6,8–7,2), химический тип воды преимущественно гидрокарбонатный кальциевый, магниевый-кальциевый и магниевый-натро-кальциевый, реже сульфатно-гидрокарбонатный (пробы № 6, 9) магниевый-кальциевый и магниевый-натро-кальциевый, минерализация – 0,6–1,1 г/л.

2. Общая жесткость воды (по градации О. А. Алекина) на основании содержания солей определена как умеренно жесткая (2,9–6,13 мг-экв./л). Наименьшая общая жесткость воды (2,9–3,0 мг-экв./л) характерна для нижней части готерив-сеноманского водоносного горизонта (пробы воды № 1, 2). Для вод петинского водоносного горизонта (проба воды № 6) жесткость воды повышена

(5,35 мг-экв./л). Для родников № 7, 8, 10 преобладает влияние готерив-сеноманского, неоплейстоценового и современного водоносных горизонтов, для проб воды № 3, 4, 5, 9 – петинского горизонта, при слабом влиянии верхней части готерив-сеноманского водоносного горизонта. Такая же закономерность прослеживается и при анализе содержания кальция и сульфатов. Содержание остальных макрокомпонентов четкой зависимости не обнаруживает.

3. Повышенное содержание нитратов характерно для проб воды № 3–10. Для проб № 3, 4, 5, 7 превышены допустимые концентрации, регламентируемые СанПиН 2.1.4. 1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества», что свидетельствует о слабой защищенности опробованных горизонтов и их поверхностном антропогенном загрязнении.

Наименьшие содержания сульфатов, хлоридов, значения минерализации пробы воды из родников № 1, 2 готерив-сеноманского водоносного горизонта могут свидетельствовать как о высокой проницаемости водовмещающих отложений, так и о наличии в составе водовмещающих отложений гидрогеохимических барьеров, что подтверждается отсутствием нитратов в пробах воды. Условия защищенности подземных вод готерив-сеноманского комплекса от антропогенного влияния аналогичны условиям защищенности других опробованных подразделений, что позволяет предположить отсутствие в воде этих источников нитрат-ионов (имеющих, как правило, антропогенное происхождение), обусловленное наличием в составе меловых отложений минералов-сорбентов.

Опробованные подземные воды находятся в зоне активного водообмена, в условиях недостаточной защищенности от поверхностного загрязнения. Можно предположить, что на микроэлементный состав подземных вод оказывает влияние и техногенное загрязнение, но из-за слабости аналитической базы нельзя более точно провести корреляционный анализ и разграничить воздействие эндогенного и техногенного факторов.

Корреляционные связи между элементными составами осадочных пород разреза и подземных вод

На основании результатов корреляционного анализа (см. табл. 6) между элементным составом воды и литологических типов пород разреза дево-

Таблица 6

Корреляционные связи между элементным составом подземных вод и литологических типов пород

№ проб образцов	Порода	Возраст	№ проб воды									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.04	глина	D ₃ sm	–	–	0,28	0,09	0,09	0,26	0,19	0,34	0,15	0,14
2.04	глина	-“-	–	–	0,48	0,31	0,33	0,47	0,37	0,52	0,37	0,34
3.04	глина	-“-	–	–	0,69	0,55	0,56	0,61	0,61	0,72	0,59	0,58
Н-1	глина	-“-	–	–	0,89	0,91	0,88	0,67	0,91	0,89	0,91	0,96
4.04	песч.	D ₃ pt	–	–	0,77	0,65	0,67	0,63	0,68	0,78	0,68	0,68
5.04	песч.	D ₃ pt	–	–	0,60	0,44	0,43	0,49	0,51	0,63	0,48	0,49
6.04	песч.	D ₃ pt	–	–	0,02	-0,18	-0,19	0,01	-0,06	0,08	-0,13	-0,13
7.04	песч.	D ₃ pt	–	–	0,94	0,86	0,84	0,84	0,91	0,95	0,87	0,87
Н-2	песч.	D ₃ pt	–	–	0,86	0,89	0,86	0,63	0,89	0,87	0,89	0,94
С-2	песч.	D ₃ pt	–	–	0,86	0,89	0,85	0,63	0,89	0,87	0,89	0,93
8.04	глина	D ₃ pt	–	–	0,79	0,69	0,68	0,61	0,74	0,81	0,72	0,73
С-4	глина	D ₃ pt	–	–	0,18	0,27	0,21	0,04	0,29	0,27	0,33	0,34
9.04	глина	D ₃ pt	–	–	0,35	0,17	0,18	0,30	0,24	0,40	0,23	0,22
10.04	глина	D ₃ pt	–	–	0,70	0,58	0,61	0,69	0,59	0,71	0,62	0,57
С-7	глина	D ₃ pt	–	–	0,88	0,90	0,87	0,66	0,90	0,88	0,90	0,95
11.04	глина	D ₃ pt	–	–	0,94	0,91	0,94	0,86	0,88	0,92	0,91	0,88
С-6	глина	D ₃ pt	–	–	0,89	0,91	0,88	0,68	0,91	0,88	0,90	0,95
12.04	глина	D ₃ vr	–	–	0,06	-0,10	-0,06	0,17	-0,05	0,14	0,01	-0,06
С-8	глина	D ₃ vr	–	–	0,87	0,90	0,86	0,64	0,90	0,87	0,89	0,94
30.04	глина	D ₃ vr	–	–	0,87	0,82	0,83	0,69	0,82	0,86	0,83	0,85
Н-5	сидер.	K ₁ n	0,01	0,15	0,88	0,90	0,87	0,66	0,90	0,88	0,90	0,95
31.04	песок	K ₁ n	-0,15	-0,06	0,84	0,75	0,76	0,71	0,77	0,84	0,77	0,77
32.04	глина	K ₁ n	0,03	0,12	0,83	0,74	0,72	0,66	0,78	0,85	0,76	0,77
33.04	песок	K ₁ n	0,70	0,72	0,61	0,47	0,51	0,53	0,49	0,62	0,52	0,50
34.04	песок	K ₁ n	0,99	0,97	0,63	0,48	0,49	0,52	0,53	0,65	0,52	0,52
35.04	песок	K ₁ a	0,95	0,91	0,15	-0,04	-0,01	0,16	0,04	0,21	0,03	0,01
36.04	песок	K ₁ a	0,77	0,72	0,12	-0,07	-0,06	0,12	0,01	0,17	-0,01	-0,02
37.04	алевр.	K ₁ a	0,22	0,20	0,08	-0,12	-0,12	0,07	-0,01	0,13	-0,07	-0,07
38.04	песок	K ₁ a	0,98	0,94	0,09	-0,10	-0,09	0,10	-0,02	0,14	-0,04	-0,06
39.04	песок	K ₁ a	0,16	0,16	0,32	0,13	0,15	0,34	0,21	0,38	0,20	0,17
С-9	глина	K ₁ a	-0,08	0,07	0,85	0,88	0,85	0,62	0,88	0,86	0,88	0,93
С-10	глина	K ₁ a	-0,04	0,11	0,84	0,88	0,85	0,61	0,87	0,85	0,88	0,92
С-11	глина	K ₁ a	0,06	0,22	0,84	0,87	0,84	0,60	0,87	0,85	0,88	0,92
1р	песок	K ₁ al	-0,11	0,02	-0,17	-0,19	0,06	-0,1	0,10	-0,1	-0,11	-0,12
2р	песок	K ₁ al	-0,10	-0,07	0,02	-0,17	-0,19	0,04	-0,05	0,09	-0,12	-0,12
4р	песок	K ₁ al	0,04	0,14	0,80	0,72	0,75	0,65	0,71	0,79	0,74	0,74
40.04	глина	K ₁ al	0,58	0,59	0,27	0,11	0,11	0,38	0,20	0,36	0,20	0,15
5р	песок	K ₂ s	-0,12	0,05	0,79	0,69	0,67	0,83	0,76	0,82	0,72	0,67
6р	песок	K ₂ s	0,05	0,16	0,90	0,89	0,92	0,82	0,84	0,88	0,89	0,86
13.04	песок	Q	–	–	0,41	0,24	0,29	0,38	0,28	0,44	0,31	0,28
14.04	песок	Q	–	–	0,58	0,43	0,47	0,49	0,46	0,59	0,40	0,47

на, мела, квартера можно сделать следующие выводы.

1. На элементный состав воды влияет как химический состав водовмещающих пород, так и химический состав пород верхней части водоупоров (судя по изученным разрезам – до глубины первых метров). Влияние вещественного состава пород-водоупоров возрастает при наличии фациальных замещений в разрезе и локальных тектонических нарушений, приводящих к большей площади соприкосновения, перетоку вод из вышележащих и нижележащих гидрогеологических подразделений. Результатом является увеличение масштаба обменных реакций между водой и породами, образование сложного комплексного состава вод, что подтверждается наличием положительных корреляционных связей воды с составом пород водоупоров не только кровли, но и центральных частей толщ.

2. Большее влияние на химический состав вод оказывают более проницаемые породы коллектора (нижняя грубозернистая часть разреза петинского горизонта по сравнению со средней частью разреза).

3. Хорошо выражено разделение областей разгрузки водоносных горизонтов. В пределах долины р. Ведуга происходит дренаж только нижней части мелового водоносного горизонта, где коллектором выступают пески верхней части готерива и апта. В пределах долины р. Дон дренируются смешанные подземные воды петинского водоносного горизонта и верхней части мелового водоносного горизонта, где коллектор – песчаные породы верхней части разреза альба, располагающиеся выше прослоя монтмориллонитовых глин, выступающего в роле местного водоупора, и пески сеномана.

4. Отложения неоплейстоцена (песчано-алевритовая толща на правом берегу р. Дон) не оказывают значимого влияния на состав подземных вод (проба воды № 8), что обусловлено незначительным размером геологического тела (толщи), ее перекрытием моренными суглинками, препятствующими проникновению инфильтрационной воды в песчаные породы неоплейстоцена, предположительно и однообразным минеральным составом песков (преимущественно кварц, бедность акцессориями и минералами тяжелой фракции).

5. Воздействие на элементный состав подземных вод в долине р. Дон глин различного возраста неоднозначно: в разной степени заметно влияние глинистых пород девона, готерива, апта, монтмориллонитовые глины альба не влияют на состав

воды, последнее может быть обусловлено незначительной мощностью глин альба и составом (монтмориллонит является сорбентом).

6. На основании корреляционного анализа только проба воды № 6 относится к петинскому водоносному горизонту, остальные выходы подземной воды в долине р. Дон имеют смешанный характер питания (петинский, готерив-сеноманский, неоплейстоценовый и современный водоносный горизонты).

Заключение

На основании изученного материала можно сделать следующие выводы.

1. Установлены формы нахождения элементов в осадочных породах (собственные минералы, в том числе сульфиды; самородные выделения, сорбированные глинистыми минералами; входящие изоморфно в минералы других элементов; неопределенной формы нахождения).

2. На элементный состав подземных вод влияют как химический состав водовмещающих пород, так и химический состав верхней части (до глубины первых метров) водоупоров. Влияние пелитов на состав воды зависит от минерального состава глинистых минералов, возрастает при наличии фациальных замещений в разрезе между псаммитами и пелитами и локальных тектонических нарушений. Корреляционная связь в системе вода – коллектор возрастает при повышении проницаемости среды (увеличение пористости, трещиноватости).

3. В пределах водораздельной части отмечается четкое разделение разгрузки водоносных горизонтов. В долине р. Ведуга происходит дренаж только нижней части мелового водоносного горизонта (коллектор – пески верхней части готерива и апта). В долине р. Дон дренируются смешанные подземные воды петинского водоносного горизонта и верхней части мелового горизонта (коллектор – пески верхней части разреза альба и сеномана). Подземные воды в долине р. Дон имеют смешанный характер питания (петинский, готерив-сеноманский, неоплейстоценовый и современный водоносный горизонты).

4. Физико-химические особенности подземных вод (общая жесткость, состав макрокомпонентов) определяются рядом факторов, в том числе и типом питания водоносного горизонта (смещение водоносных горизонтов в зоне разгрузки). Техногенное воздействие выражено в повышенном содержании нитратов, что свидетельствует о слабой защищен-

ности водоносных горизонтов от их поверхностного антропогенного загрязнения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Смирнова А. Я.* Минеральные воды Воронежской области (лечебные и лечебно-столовые) / А. Я. Смирнова, В. Л. Бочаров, В. Ф. Лукьянов. – Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 1995. – 182 с.

2. *Жабин А. В.* К вопросу о происхождении глин семилукского времени в отложениях Воронежской антеклизы / А. В. Жабин // Стратиграфия, тектоника и полезные ископаемые осадочных бассейнов : научные чтения им. проф. М. В. Муратова : мат-лы совещания. – М. : МГГРУ, 2004. – С. 21–23.

3. *Савко А. Д.* Глинистые породы верхнего протерозоя и фанерозоя Воронежской антеклизы / А. Д. Савко. – Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 1998. – 192 с.

4. *Савко А. Д.* Литология и полезные ископаемые аптских отложений междуречья Дон – Ведуга – Девица / А. Д. Савко, В. П. Михин, Г. В. Холмовой. – Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2004. – 111 с. (Тр. НИИ геологии ВГУ. – Вып. 26.)

Г. В. Войцеховский, доцент, Воронежский государственный университет; тел.: (4732) 470-138; e-mail: ogg@geol.vsu.ru

В. А. Шатров, доктор геолого-минералогических наук, геофизик ЗАО «Тюменьпромгеофизика»; тел.: 89155418253; e-mail: shatr65@mail.ru

5. *Лукьянов В. Ф.* Учебно-полевая практика по общей геологии на Семилукском полигоне / В. Ф. Лукьянов, В. Н. Бунеев, Г. В. Войцеховский [и др.]. – Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2008. – 92 с.

6. *Виноградов А. П.* Средние содержания химических элементов в главных типах изверженных пород земной коры / А. П. Виноградов // Геохимия. – 1962. – № 7. – С. 555–571.

7. *Перельман А. И.* Геохимия / А. И. Перельман. – М. : Высш. шк., 1989. – 528 с.

8. *Савко А. Д.* Геология Воронежской антеклизы / А. Д. Савко. – Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2002. – 165 с. (Тр. НИИ геологии ВГУ. – Вып. 12.)

9. *Синицын В. М.* Древние климаты Евразии / В. М. Синицын. – Л. : Изд-во Ленинград. гос. ун-та, 1970. – Ч. 3. Вторая половина палеозоя (девон, карбон и пермь). – 134 с.

10. *Быков И. Н.* Полезные ископаемые вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород / И. Н. Быков, В. А. Канцеров // Полезные ископаемые Воронежской антеклизы : факторы формирования и локализации. – Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 1989. – С. 100–117.

G. V. Voitzekhovsky, Associate Professor, Voronezh State University; tel.: (4732) 470-138; e-mail: ogg@geol.vsu.ru

V. A. Shatrov, Doctor of Geology-Mineralogy Sciences, Geophysic of Close Corporation «Tumenprom geophisic»; tel.: 89155418253; e-mail: shatr65@mail.ru