

Активность  $^{137}\text{Cs}$  в воде водотока штольни 177 составила  $5.0 \pm 0.5$  Бк/л для самой крупной фракции, снижаясь до  $3.6 \pm 0.4$  Бк/л для растворенной формы (менее 10 кДа). Таким образом, порядка 30 %  $^{137}\text{Cs}$  связано с частицами различного размера, находящихся в поверхностных водах. Активность данного радионуклида для воды водотока штольни 503 и озера Телкем-2 была ниже предела обнаружения.

Было установлено, что основной формой нахождения  $^{90}\text{Sr}$  была растворенная форма для всех изученных водных объектов. Однако для воды водотока штольни 503 наблюдалось снижение остаточной активности после фильтрации через мембраны, отсекающие коллоидное вещество (10 и 100 кДа) порядка 25-30 % от начальной активности данного радионуклида.

Установлено, что  $^{239+240}\text{Pu}$  способен находиться как во взвешенной форме, так и в коллоидах и растворенной форме. Так, например, для воды водотока штольни 503 активность  $^{239+240}\text{Pu}$  изменялась ступенчато с 0,7 до  $(6.2 \pm 0.6) \cdot 10^{-2}$  Бк/л, после фильтрации через мембрану с разрешением 10 кДа. Распределение форм нахождения следующее: мембрана 1 мкм удерживает 17%  $^{239+240}\text{Pu}$ , 0,45 мкм – 6%, 0,1 мкм – 21 %, 100 кДа – 43 % и 10 кДа – 1 %.

Для водотока штольни 177 выявлено, что более 50%  $^{239+240}\text{Pu}$  находилось в растворенной форме.

Для озера Телкем-2 активность  $^{239+240}\text{Pu}$  снизилась на один порядок с 0,35 до 0,04 Бк/л с максимумом задержания на мембранах, отсекающих коллоиды.

Соотношение между формами нахождения зависит в первую очередь от самого водоисточника и подвержено изменениям условий окружающей среды.

Обобщая результаты по определению форм нахождения радионуклидов в водных объектах СИП, выявлено, что для  $^{90}\text{Sr}$  характерна растворенная форма нахождения, для  $^{239+240}\text{Pu}$  свойственно нахождение в различных формах, с преобладанием коллоидных и растворенных, при этом соотношение форм нахождения зависит от изучаемого объекта. Для установления форм нахождения  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{241}\text{Am}$  необходимы более детальные исследования.

Данные о формах нахождения техногенных радионуклидов в воде могут в дальнейшем послужить основой для разработки практических рекомендаций по оценке радиоэкологического состояния СИП, прогнозирования уровня содержания и миграции радионуклидов в компонентах экосистем на СИП и близлежащих территориях.

Часть работы проведена за счет поддержки Министерства образования и науки Республики Казахстан, номер гранта 0122/14 ПЦФ.

#### Литература

1. Aidarkhanova A.K. Lukashenko S.N. Investigation of character of distribution of radioactive contamination in the "water – sediments" system of Semipalatinsk Test Site and adjacent territories. // ENVIRA-2015 International Conference proceedings. Greece, 2015. P. PS3-43.
2. Активность радионуклидов в объемных образцах. Методика выполнения измерений на гамма-спектрометре: МИ 2143-91. - Введ. 1998-06-02. - Пер. № 5.06.001.98. – М.: НПО ВНИИФТРИ, 1991. - 17 с.
3. Методика определения изотопов плутония–(239+240), стронция-90 и америция-241 в объектах окружающей среды (почвы, растения, природные воды). № 06-7-98 от 04.03.1998г. – Алматы: ГП "ЦСМС".
4. Методика определения содержания искусственных радионуклидов  $^{239,240}\text{Pu}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в природных водах методом концентрирования. ИЯФ НЯЦ РК регистрационный №0307/3 от 5.04.2001.

### ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ ПОДЗЕМНЫХ ВОД КАМЕННОУГОЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ВОСТОЧНОМ ДОНБАССЕ

Е. С. Торопова, В. Е. Борисова

Научный руководитель профессор А. И. Гавришин

Южно-Российский Государственный Политехнический Университет (НПИ)

имени М. И. Платова, г. Новочеркасск, Россия

Воды каменноугольных отложений в Восточном Донбассе отличаются высокой неоднородностью химического состава: они изменяются от гидрокарбонатных кальциевых до хлоридных натриевых, минерализация колеблется от 0,2 до 57,2 г/л, содержания  $\text{Cl}^-$  – 0,012-35,6,  $\text{Na}^+$  - 0,002-17,6 г/л и т.д. (таблица 1). Распределение содержаний компонентов не соответствует нормальной модели, и корреляционные связи могут быть криволинейными [1].

Химический состав подземных вод каменноугольных отложений

Таблица 1

Компонент	X	Me	$X_{\min}$	$X_{\max}$	S
pH	7.7	7.7	6.4	8.6	0.5
$\text{HCO}_3^-$	358	352	77	947	135
$\text{SO}_4^{2-}$	485	400	15	1427	405
$\text{Cl}^-$	2366	243	12	35636	7086
$\text{Ca}^{2+}$	337	153	20	4084	716
$\text{Mg}^{2+}$	140	82	4	11145	227
$\text{Na}^+$	1237	252	2	17582	3316
M	4729	1611	178	57419	11149
H	124	75.5	3	922	163

Примечание: во всех аналогичных таблицах X — среднее арифметическое, Me - медиана,  $X_{\min}$  и  $X_{\max}$  — минимальное и максимальное значения, S - стандартное квадратичное отклонение (компоненты в мг/л, H - глубина в м).

**СЕКЦИЯ 7. ГИДРОГЕОХИМИЯ И ГИДРОГЕОЭКОЛОГИЯ ЗЕМЛИ.  
ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ГИДРОГЕОЭКОЛОГИИ**

С помощью G-метода по компьютерной технологии AGAT в водах каменноугольных отложений по химическому составу было выделено 11 однородных геохимических типов (таблица 2). Уверенно выделяются две главные геохимические тенденции в изменении состава подземных вод каменноугольных отложений по глубине, которые отражают прямую и обратную вертикальную геохимическую зональность подземных вод. В таблице 2 геохимические типы располагаются по мере увеличения глубины залегания вод и по геохимическим тенденциям.

**Таблица 1**

**Состав геохимических типов подземных вод каменноугольных отложений (мг/л и %-моль)**

Тенденция	Вид	Н, м	рН	Компоненты						М
				HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	
1	1.6	40	7.1	404	355	46	111	47	134	900
				44	48	8	37	25	38	
	1.2	79	7.7	351	425	213	158	58	183	1200
				28	43	29	38	24	38	
	1.3	82	7.7	395	790	315	185	99	333	1900
				20	52	28	29	26	45	
	2.2	102	8.0	380	810	1180	275	168	660	3300
				11	30	59	24	25	51	
	2.1	106	8.0	387	1160	786	316	177	506	3010
				12	46	42	30	28	42	
3.1	333	8.3	293	86	14700	1300	532	6920	24000	
			1	0.4	98.6	18	11	71		
A.1	730	8.4	290	73	33930	3500	1100	16000	55000	
			0.5	0.2	99.3	18	10	72		
2	1.4	28	6.8	247	65	18	71	16	25	320
				68	24	8	59	22	19	
	1.1	50	7.4	382	114	57	65	41	82	550
				61	23	16	32	33	35	
	1.5	73	7.2	310	176	56	90	34	68	580
				49	36	15	44	28	28	
	1.7	100	7.6	372	450	173	98	118	128	1153
				30	46	24	24	48	28	
	4.1	380	7.8	548	418	1250	46	38	1100	3100
				17	16	67	4	6	90	

Первая тенденция является типичным представителем прямой вертикальной геохимической зональности, и она характеризуется по мере увеличения глубины залегания, закономерным переходом от маломинерализованных гидрокарбонатных и гидрокарбонатно-сульфатных смешанного катионного состава вод к хлоридно-сульфатным и сульфатно-хлоридным смешанного катионного состава и далее к минерализованным хлоридным натриевым (таблица 2).

Главную роль в формировании химического состава вод каменноугольных отложений по первой тенденции играют Cl<sup>-</sup> и Na<sup>+</sup>, содержание которых возрастает с глубиной, растет так же величина рН вод и уменьшается содержание SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Наглядно закономерности изменения состава вод с глубиной видны по уравнениям

**Таблица 2**

**Состав геохимических типов подземных вод каменноугольных отложений (мг/л и %-моль)**

Тенденция	Вид	Н, м	рН	Компоненты						М
				HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	
1	1.6	40	7.1	404 <sup>a<sub>1</sub></sup>	355	46	111	47	134	900
				44	48	8	37	25	38	
	1.2	79	7.7	351	425	213	158	58	183	1200
				28	43	29	38	24	38	
	1.3	82	7.7	395	790	315	185	99	333	1900
				20	52	28	29	26	45	
	2.2	102	8.0	380	810	1180	275	168	660	3300
				11	30	59	24	25	51	
	2.1	106	8.0	387	1160	786	316	177	506	3010
				12	46	42	30	28	42	
3.1	333	8.3	293	86	14700	1300	532	6920	24000	
			1	0.4	98.6	18	11	71		
A.1	730	8.4	290	73	33930	3500	1100	16000	55000	
			0.5	0.2	99.3	18	10	72		
2	1.4	28	6.8	247	65	18	71	16	25	320
				68	24	8	59	22	19	
	1.1	50	7.4	382	114	57	65	41	82	550
				61	23	16	32	33	35	
	1.5	73	7.2	310	176	56	90	34	68	580
				49	36	15	44	28	28	
	1.7	100	7.6	372	450	173	98	118	128	1153
				30	46	24	24	48	28	
	4.1	380	7.8	548	418	1250	46	38	1100	3100
				17	16	67	4	6	90	

**Примечание:** a<sub>i</sub> - максимум в мг/л, b<sub>i</sub> - расположение максимума по глубине (в lg Н), c<sub>i</sub> - крутизна линии регрессии, r<sub>i</sub> - коэффициент криволинейной корреляции, Н<sub>max</sub> - глубина максимума в м.

Относительно генезиса первой геохимической тенденции, можно вполне уверенно констатировать, что с глубины 150-200 м начинает ослабевать доля инфильтрационного фактора в формировании химического состава подземных вод и нарастает роль седиментационного. Это сказывается на снижении содержаний в водах  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{HCO}_3^-$  и повышении  $\text{Cl}^-$  и  $\text{Na}^+$ ; воды из II типа по О.А. Алекину переходят в III тип. В открытой части Восточного Донбасса переход к минерализованным хлоридным натриевым водам происходит на значительных глубинах около 1 км; в окраинных частях бассейна глубина залегания минерализованных вод значительно приближается к поверхности.

Вторая тенденция отражает обратную вертикальную геохимическую зональность состава подземных вод каменноугольных отложений, когда незначительное возрастание минерализации вод с глубиной сменяется на ее уменьшение и формирование вод содового типа. Указанные закономерности хорошо описываются криволинейной показательной функцией (таблица 3) с высокими коэффициентами корреляции ( $r_i$ ). По параметрам уравнений регрессии хорошо видны следующие закономерности: максимальная минерализация достигается на глубинах 250-300 м; содержание  $\text{HCO}_3^-$  – увеличивается с глубиной и где достигается максимум, надежно спрогнозировать не удастся; содержание  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{Cl}^-$  максимальны на глубинах 200-350 м и глубже уменьшаются; содержания  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  максимальны на глубинах 100-250 м и уменьшаются с глубиной [3].

Воды с глубиной переходят от гидрокарбонатных кальциевых к сульфатно-гидрокарбонатным и гидрокарбонатно-сульфатным смешанного катионного состава и далее к гидрокарбонатно-хлоридным и хлоридным натриевым (содовым) с минерализацией 2-3 г/л; второй тип вод сменяется на первый с повышенным содержанием  $\text{HCO}_3^-$  очень низкими  $\text{Ca}^+$  и  $\text{Mg}_2^{2+}$ . Экстраполяция по указанным уравнениям позволяет предположить, что на глубинах более 1 км формируются гидрокарбонатные натриевые воды с минерализацией менее 1 г/л. Выделенные содовые маломинерализованные воды второй геохимической тенденции в Донбассе наиболее вероятно связаны с процессами конденсации водяных паров из водоуглеродной газовой фазы.

#### Литература

1. Гавришин А.И. Анализ информации о природных и антропогенных объектах, явлениях и процессах: учебное пособие / Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова. -Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2016.- 50-67 с.
2. Гавришин А. И., Борисова В. Е., Торопова Е. С. О формировании химического состава грунтовых вод в шахтинском угленосном районе Восточного Донбасса // Успехи современного естествознания №5/2016. С. 111-115.
3. Гавришин А.И. Гидрогеохимические исследования с применением математической статистики и ЭВМ. М.: Недра, 1974. 146 с.

### ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ПРОВИНЦИИ НГЕАН (ВЬЕТНАМ)

Чан Тхи Хыонг

*Научный руководитель заведующая кафедрой Гусева Н.В*  
*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,*  
*г. Томск, Россия*



На Земли имеется 23 мегаполиса, из них 16 располагаются на побережье, так как в большинстве случаев в прибрежных полосах преобладают оптимальные условия для жизни людей и хозяйственной деятельности. Природные воды этих зон подвергаются загрязнению, высока вероятность их истощения и ухудшения качества.

Провинция Нгеан расположена в центральной области Вьетнама и является самой большой по площади (рис.). Большая часть населения провинции Нгеан также проживает в прибрежной зоне, здесь же располагаются промышленные предприятия и ведётся активная сельскохозяйственная деятельность. Все эти факторы, безусловно, оказывают негативное воздействие на состояние окружающей среды, в том числе и на природные воды.

**Рис.1** Провинция Нгеан на карте Вьетнама и схема опробования подземных вод прибрежной зоны провинции Нгеан