

УДК 556.314: 546.4 (477.62)

ШЕВЧЕНКО О.А. (ДонНТУ)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТРОНЦИЯ В ПОДЗЕМНОЙ ГИДРОСФЕРЕ ДОНЕЦКОЙ ОБЛАСТИ

В статье приведены результаты изучения закономерностей распространения стронция в подземной гидросфере Донецкой области. С помощью математической обработки материалов выявлена теснота связи между содержанием в подземной гидросфере стронция и другими параметрами среды. Сделаны выводы о возможности использования подземных вод с повышенным содержанием стронция как в качестве лечебных минеральных, так и промышленных вод.

Одним из важных направлений научно-исследовательской работы кафедры «Полезные ископаемые и экологическая геология» Донецкого национального технического университета является изучение экологического состояния Донецкого угольного бассейна.

Необходимость изучения экологической обстановки в регионе обусловлена критической медико-демографической ситуацией, сложившейся в целом по Украине и в Донецкой области особенно. Так, в Донецкой области в 1998 году умерло 77,3 тысячи человек, а родилось 33,5 тысяч, в 1999 — соответственно 79,8 и 30,5 тысяч человек. Налицо одновременное увеличение смертности и уменьшение рождаемости, так если в 1990 году на 1000 жителей рождалось 11 детей, то в 1998 — около 7, а в 1999 — только 6. Ежегодно население Донецкой области уменьшается на 1,1% (учитывая миграционный отток) [2]. Состояние здоровья населения по данным Всемирной организации здравоохранения на 40% определяется состоянием окружающей среды.

Одной из геологических сред, наиболее чутко реагирующих на техногенное загрязнение, является гидросфера. Под влиянием антропогенных факторов изменяется как макро-, так и микрокомпонентный состав подземных вод. Содержание таких опасных для человеческого организма компонентов как ртуть, мышьяк, нитраты и др. в водах значительно (до десятков и сотен раз) превышают ПДК. Этому вопросу посвящен ряд публикаций [4, 5].

Одним из наиболее распространенных и наименее изученных компонентов-загрязнителей подземной гидросферы региона является стронций, содержания которого в водах практически повсеместно превышают ПДК. В связи с этим весьма актуальным является изучение распространения стронция в подземной гидросфере Донецкой области.

Стронций относится к группе щелочноземельных элементов, геохимически он весьма активен и характеризуется высокой подвижностью, а также слабо сорбируется глинистыми минералами, что способствует переносу стронциевого загрязнения на большие расстояния. По химическим свойствам стронций весьма близок к кальцию, но сравнительно низкий его кларк (340 мг/кг) определяет гораздо меньшую его роль в природных водах. Содержание стронция в природных водах колеблется от единиц миллиграммов на 1 л до 1,5–2 г/л, редко до 10 г/л (кларк подземных вод — 0,186 мг/л) [3].

Суммируя имеющиеся в литературе данные, можно выделить следующие общие геохимические закономерности его водной миграции: концентрация стронция возрастает с увеличением общей минерализации любых типов вод гидросферы;

стронций геохимически связан с кальцием во всех генетических типах вод гидросферы; уровни содержаний стронция возрастают на 4–5 порядков от пресных вод гидрокарбонатно-кальциевого типа до существенно хлоридных натриево-магниевых кальциевых рассолов; в вертикальном разрезе гидрохимической зональности накопление Sr связано с увеличением хлоридности и содержания Ca и уменьшением концентрации сульфат-иона [3].

В связи с избытком стронция в питьевых водах у животных и людей развивается так называемый «стронциевый рахит». Он выражается в искривлении позвоночника, выпадении зубов, размягчении костей и пр. Кости больных обычно содержат стронция в 5–8 раз больше, чем кости здоровых [3]. Отложение стронция в живом организме зависит от соотношения в пище Ca, P и Sr: при увеличении в рационе пищи содержания Ca откладывается меньше Sr, а при увеличении количества фосфора — больше [1].

В ходе изучения распределения стронция в подземной гидросфере Донецкой области было проанализировано 274 проб подземных (отобранных в скважинах) и 351 проба шахтных (отобранных в выработках и водосборниках шахт) вод угленосной части Донецкой области. Стронций определялся в них химическим (чувствительность анализа — 0,625 мг/л) и спектральным (чувствительность — 0,03%) методами.

В подземных водах области стронций встречается повсеместно (встречаемость — 76,6%), достигая, по данным спектрального анализа, максимальных величин — 905,3 мг/л — на участке Добропольский-Капитальный Красноармейского района (табл. 1).

Табл. 1. Параметры распределения стронция в подземных и шахтных водах Донецкой области

Воды	Общее количество определений	Встречаемость, %	Максимальное содержание, мг/л	Минимальное содержание, мг/л	Среднее содержание, мг/л
Подземные	274	76,6	905,3	0,02	7,21
Шахтные	351	66,0	303,0	0	2,61

В шахтных водах региона встречаемость стронция составила 66%. Содержание его в шахтных водах несколько ниже, чем в подземных, максимальное содержание — 303,0 мг/л (шахта им. Стаханова, Красноармейский район) (табл. 1).

Для выявления тесноты связи между содержанием в подземной гидросфере стронция и другими параметрами среды была выполнена математическая обработка материалов.

Наиболее высокие концентрации стронция в водах отмечаются в хлоридных водах повышенной минерализации. Большое влияние на содержание стронция в природных водах оказывает минерализация — возрастание ее приводит к увеличению концентрации стронция (рис. 1), что подтверждает коэффициент корреляции содержания стронция с минерализацией, составляющий в подземных водах 0,85; в шахтных — 0,66 (табл. 2). Изменение величины окислительно-восстановительного потенциала не оказывает существенного влияния на миграционную способность стронция.

Из макрокомпонентов наиболее значимую связь со стронцием обнаруживает хлор-ион (коэффициент корреляции для подземных вод составил 0,71; для шахтных — 0,48) (табл. 2). Зависимость содержания стронция от содержания гидрокарбонатного и сульфатного ионов незначима и различна для разных типов вод.

Установлена также умеренная корреляционная связь содержания стронция с глубиной ($r=0,49$) и от умеренной до высокой с общей жесткостью (r от 0,44 в шахтных до

0,86 — в подземных водах). Кроме того, можно выделить отдельные микроэлементы, для которых независимо от гидрохимического типа вод обнаруживается заметная корреляционная связь с содержанием стронция (табл. 2).

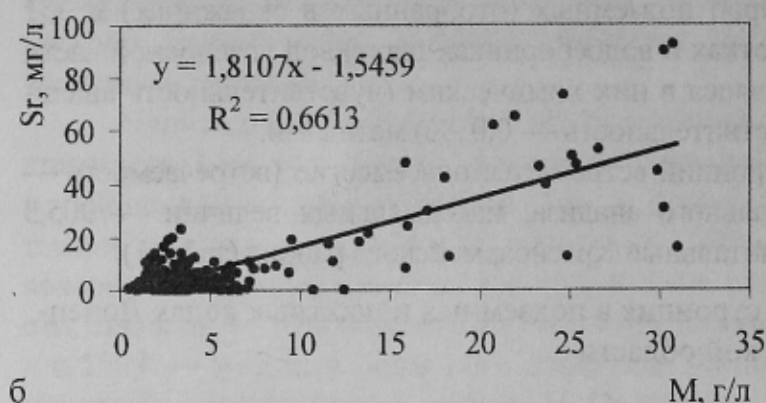
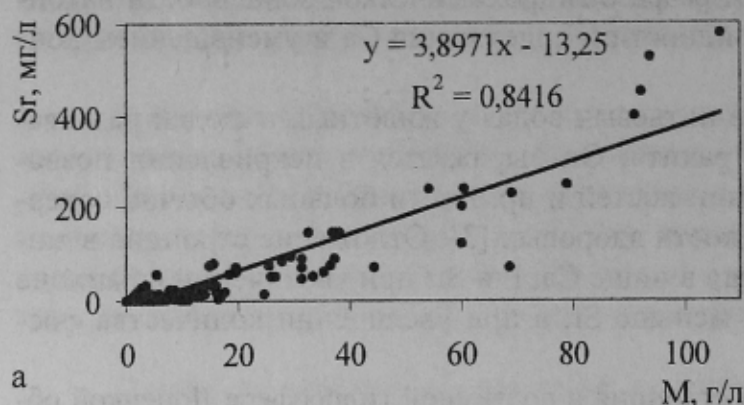


Рис. 1. Графики регрессии стронция на минерализацию в подземных (а) и шахтных (б) водах ($y=1,8107x-1,5459$ — уравнение регрессии; $R^2=0,6613$ — величина достоверности аппроксимации)

превышающие 2,0 мг/л, зафиксированы в 68,2% проб, а превышающие 7,0 мг/л в 39,8% проб, причем контрастность содержаний по отношению к ПДК хозяйственно-питьевых вод достигает 452 раз.

Табл. 2. Параметры среды, для которых обнаруживается значимая корреляционная связь с содержанием стронция

Воды	Минерализация	Жесткость	Cl	Ca	Br	Cu	Li
Подземные	0,85	0,86	0,71	0,65	0,79	0,75	0,54
Шахтные	0,66	0,44	0,48	0,48	0,7	0,49	0,35

В шахтных водах содержания стронция, превышающие 2,0 и 7,0 мг/л, отмечены соответственно в 71,2 и 21,7% проб.

Особую опасность представляет сброс загрязненных шахтных вод в гидрографическую сеть. Так, в Донецкой области шахтами ежедневно сбрасывается 217728 м³ воды с содержанием стронция более 2,0 мг/л, из них в бассейны рек Днепр и Северский Донец — соответственно 64056 и 24600 м³, а также в бассейн Азовского моря — 129072 м³ (табл. 3).

Кроме того, важное биогеохимическое значение имеет величина Ca/Sr подземных вод. При малых (<100) значениях Ca/Sr в подземных водах их использование

Площадное распределение стронция в подземной гидросфере области характеризуется увеличением содержаний с востока на запад, при этом максимальные содержания наблюдаются в Красноармейском и Южно-Донбасском районах, т.е. в районах закрытого типа с повсеместным распространением вод хлоридного натриевого состава.

В настоящее время одной из основных проблем экологических исследований является недостаточная четкость установленных экологических нормативов. Так, содержание стронция, регламентируемое для питьевых вод (ГОСТ 2874-82), составляет 7,0 мг/л, а нормы для вод хозяйственно-питьевого назначения в соответствии с СанПиН 2.1.4.559-96 значительно жестче — 2,0 мг/л.

В подземных водах содержания стронция, превышающие

подземных вод в питьевых целях может привести к возникновению среди населения «стронциевого рахита». В связи с этим было проведено изучение распространения величины Ca/Sr в подземных водах Донецкой области, в ходе которого было установлено, что только в 11,7% проб воды величина Ca/Sr соответствует норме (>100).

Табл. 3. Сброс в гидрографическую сеть шахтных вод, содержание стронция в которых превышает ПДК

Бассейн	Реки	Количество воды с содержанием Sr, превышающим ПДК, м ³ /сут
бассейн р. Днепр	Самара	11328
	Волчья	52728
бассейн р. Северский Донец	Казенный Торез	17400
	Кривой Торез	7200
бассейн Азовского моря	Миус	16248
	Крынка	99624
	Кальмиус	13200
Всего в гидрографическую сеть		217728

Вместе с тем, воды с повышенным содержанием стронция могут использоваться как в качестве лечебных минеральных, так и промышленных вод.

Концентраций, нормируемых для лечебных вод (10 мг/л), стронций достигает в 31,4% проб подземных вод области (Красноармейский, Южнодонбасский, Торезско-Снежнянский и Центральный районы).

Содержания стронция, превышающие лечебные, встречены в 14,5% проб шахтных вод области, как отдельных выработок, так и центральных водосборников шахт (в мг/л): им. Стаханова — 10,8–90,4, «Красноармейская-Западная» № 1 — 15,5, «Краснолиманская» — 12,8 (Красноармейского); ш. «Глубокая» — 10,9 (Донецко-Макеевского); «Кантарная» — 23,5, № 3 «Ждановская» — 11,6, № 2 «Стожковская» — 19,4, им. Чапаева — 12,7, «Лесная» — 11,6, 3-бис — 10,6, «Червона Зирка» — 12,1, «Ударник» — 10,1 (Торезско-Снежнянского района).

Высокие содержания стронция (более 300 мг/л) в подземных (участок Добропольский-Капитальный) и шахтных (им.Стаханова) водах Красноармейского района позволяет отнести эти воды к потенциально промышленным.

В заключении можно отметить, что изучение распространения элементов-загрязнителей подземной гидросферы Донецкой области, к которым относится и стронций, очень актуально, поскольку поможет решению как экологических проблем, так и вопросов рационального использования природных ресурсов.

Библиографический список

1. Вредные вещества в промышленности. Т III. Неорганические и элементарорганические соединения / Под ред. Н.В.Лазарева, И.Д.Гадаскиной. — Л., 1977. — 608 с.
2. Земля тривоги нашої. За матеріалами доповіді про стан навколишнього природного середовища в Донецькій області у 1999 році/ під ред.С.Куруленко. — Донецьк: Новий мир, 2000. — 124 с.
3. Крайнов С.Р., Швець В.М. Гидрогеохимия. — М.: Недра, 1992. — 463 с.
4. Панов Б.С., Шевченко О.А., Дудик А.М. Об экологических проблемах Донбасса // Сборник научных трудов Национальной горной академии Украины. — Днепропетровск, 1998. — № 3. — Т. 5. — С. 7–11.
5. Panov B.S., Dudik A.M., Shevchenko O.A., Matlak E.S. On pollution of the biosphere in industrial areas: the example of the Donets coal Basin// International Journal of coal geology, 1999. — № 40. — P. 199–210.

© Шевченко О.А., 2001