

УДК 546.296:546.212

## Связь гидрогеохимических аномалий радона и фтора с участками тектонических нарушений (на примере г. Киев)

Жовинский Э. Я.<sup>1</sup>, Комов И. Л.<sup>2</sup>, Диденко П. И.<sup>2</sup>,  
Макаренко Н. Н.<sup>2</sup>, Крюченко Н. О.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт геохимии, минералогии и рудообразования НАН Украины, Киев

<sup>2</sup> Институт геохимии окружающей среды НАН Украины, Киев

Рассмотрено влияние зон тектонических нарушений на содержание радона и фтора в водах (на примере городской агломерации г. Киев). Дан сравнительный анализ удельной активности радона и содержания фтора в артезианских скважинах и источниках.

Вода – важнейший фактор жизнеобеспечения человека. Питьевая вода должна быть безопасной в эпидемиологическом и радиационном отношении, безвредной по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства.

Вопросам гидрогеохимических аномалий химических элементов в подземных водах посвящены работы Панова Б. С. [6]. Им впервые при изучении зоны сочленения Донбасса с Приазовским кристаллическим массивом, применен метод структурно-геодинамического картирования для выявления под наносами тектонических нарушений, т. е. обнаружения в горном массиве зон современных тектонических деформаций, прослеживание их на площади и расшифровка их геологической природы. Согласно теории эманационной съемки, в тектонических зонах за счет раздробленности пород образуются повышенные концентрации радона, источником которого является рассеянный в коренных породах радий. В результате диффузии и конвекции радон мигрирует из тектонических зон коренного массива в покровные отложения и образует там газовые ореолы. В работах Жовинского Э. Я. и др. изложены результаты исследования природы гидрогеохимических аномалий фтора [2, 6].

Исследование влияния зон тектонических нарушений на содержание радона и фтора в водах проведено на примере городской агломерации г. Киев.

В геологоструктурном отношении рассматриваемая территория приурочена к зоне сочленения Украинского щита и Днепровско-Донецкой впадины, что определяет сложность геологического строения и пестроту литологического состава распространенных здесь пород, а также наличие многочисленных текто-

нических разломов [1, 5]. Район в целом характеризуется погружением поверхности кристаллического фундамента в северо-восточном направлении. На фоне общего моноклинального погружения фундамента выделяются блоковые поднятия и сбросы, обусловленные тектоникой и фиксирующиеся даже в осадочном чехле, представленном пермскими, триасовыми, юрскими, меловыми, палеогеновыми, неогеновыми и четвертичными образованиями общей мощностью до 600 м.

В соответствии с геологическим строением выделяются водоносные горизонты и комплексы четвертичных, эоценовых, сеноман-келловейских, юрских (байос), верхнепермских и триасовых отложений. Основные слабопроницаемые слои, ограничивающие водоносные горизонты, имеют площадное распространение и мощность от 10–20 м до 100 м и представлены киевскими мергелями, мергельно-меловой толщей верхнемелового возраста, бат-келловейскими глинисто-алевритистыми образованиями и глинистой толщей триасового возраста.

Водоносный горизонт сарматских отложений (верхний миоцен) повсеместно распространен на территории города. Водовмещающие породы – пески и известняки мощностью 10–30 м. Водоносный горизонт безнапорный и слабонапорный. Именно он формирует в г. Киеве преобладающую часть родников. Наиболее высокодебитные из выявленных родники в Ботаническом саду (до 120 дм<sup>3</sup>/с). Питание водоносного горизонта осуществляется за счет перетока в него поверхностно-грунтовых вод по сравнительно глубоко врезанным балкам и по зонам трещиноватости в глинах и суглинках, перекрывающих указанный горизонт. Разгрузка подземных вод в виде родников происходит в долине р. Днепр.

Четвертичные делювиальные отложения, широко распространены на водоразделах и склонах. Питание этого горизонта, как и других, осуществляется путем инфильтрации талых вод, атмосферных осадков, и подвержено техногенному воздействию: утечкам из водонесущих коммуникаций, потерям производственных вод и промышленных стоков, уменьшению испарения с дневной поверхности (асфальтовые покрытия). Разгрузка вод четвертичного горизонта происходит по древним и современным речным долинам и балочным понижениям в местах размыва слабопроницаемых глин и суглинков, перекрывающих водовмещающие пески. Мощность четвертичных отложений изменяется от 30–40 м на водоразделах до 2–3 м в зоне разгрузки подземных вод. Минерализация и химический состав вод комплекса довольно разнообразны. В распространении по площади вод разного состава существует определенная закономерность. Грунтовые воды с минерализацией 1–3 г/дм<sup>3</sup> занимают площади, прилегающие к балкам и долине р. Днепр. Эти воды преимущественно карбонатные, реже хлоридно-сульфатные или гидрокарбонатно-сульфатные: натриево-кальциевые или кальциево-натриевые. На водораздельных участках развиты воды с минерализацией 3–5 г/дм<sup>3</sup>, преимущественно смешанного анионного состава, натриево-кальциевые или кальциево-натриевые. Подземные воды с минерализацией более 10 г/дм<sup>3</sup> встречаются редко и приурочены к участкам сброса промышленных стоков.

Родники – важнейший показатель условий формирования, распространения и разгрузки подземных вод. Они привлекают внимание не только как источники водоснабжения, но и как показатели экологического состояния окружающей среды. Одна из важных задач исследований – оценка геоэкологического состояния родников с целью установления возможности их использования для питьевых целей. Для родников составлены экологические паспорта, ряду источников присвоен статус “геологический памятник”, что повышает их рекреационное значение. На территории города известны как искусственные, так и естественные выходы подземных вод; преобладают первые. Они представлены группой потокообразных (струйчатых) и, незначительно, группой подтопляющих (мочажин) выходов подземных вод. Колодцы – выходы подземных вод в искусственно устроенных углублениях небольшой глубины с укреплением стенок и дна. Каптаж – выходы подземных вод в специально устроенных сооружениях, собирающих подземные воды еще до выхода их на дневную поверхность. Наиболее

часто встречаются каптажи, обустроенные посредством труб различного диаметра, бетонными кольцами или в виде бассейна.

В целом родниковый сток Киева формируется в пределах зоны активного водообмена, представляющей собой толщу обводненных пород мезозойского и четвертичного возраста, родники дренируют первые от дневной поверхности водоносные горизонты [3].

Основной источник питания родников – атмосферные осадки, инфильтрация которых через почвогрунты городской агломерации приводит к обогащению вод компонентами “культурного” слоя. Существует и подток вод техногенного происхождения (утечка из водонесущих коммуникаций, мест депонирования отходов и др.), приводящий к подтоплению и загрязнению отдельных территорий, особенно в центральной части города.

Первые от дневной поверхности водоносные горизонты на территории города практически не защищены от загрязнения. Несанкционированные свалки промышленных отходов приводят к загрязнению подземных вод нитратами, нефтепродуктами, тяжелыми металлами.

Практически все родники не имеют стабильного качественного состава воды, что связано с указанным выше незакономерным техногенным загрязнением грунтовых вод.

Содержание естественных и искусственных радионуклидов в подземных водах г. Киев определялось радиохимическим методом и при помощи радиометра РГА-01. Удельную объемную активность радона-222 определяли в воде бюветов и родников в полевых условиях непосредственно у источников в течение 10–40 минут после отбора проб. Учитывая период полураспада радона-222 (3,8 суток), уменьшением активности нуклида за счет частичного его распада от момента отбора пробы до ее анализа пренебрегали. Измерение концентрации радона проводили с помощью импульсной ионизационной камеры радиометров Альфа-1М и РГА-01. Чувствительность детектора – 1 имп./мин., что соответствует концентрации радона 20 Бк/м<sup>3</sup>.

Определение фтора в природных растворах произведено электрохимическим потенциометрическим методом, который широко применяется при определении содержания фтора в водах и водных вытяжках. Определение основано на том, что электродный потенциал фтора пропорционален концентрации фторид-ионов в растворе. В качестве индикаторного применяется фторселективный электрод на основе фторселективной мембраны. Потенциал такого электрода зависит от активности фторид-ионов в растворе. Из-

Содержание фтора и радона в подземных водах г. Киев

Характеристика водопункта	Место опробования	pH	F <sup>-</sup> , мг/л	<sup>222</sup> Rn, Бк/л
источник	бул. Дружбы народов	7,0	0,35	3,2
то же	в 300 м от предыдущего источника	7,0	0,24	2,6
" "	Киево-Печерская Лавра	7,0	0,25	6,1
" "	ул. Волгоградская, 35а	7,0	0,46	6,5
" "	ул. Волгоградская, 39	7,0	0,24	3,8
" "	ул. Кайсарова	7,0	0,48	9,5
скважина	парк им. Богомольца	7,4	1,00	30
то же	Харьковское шоссе, 63/65	8,1	0,19	4,5
" "	Красный Хутор, парк Партизанский	7,4	0,85	18,0
" "	станция метро "Харьковская", ул. Вербицкого	8,5	0,19	2,5
" "	Харьковское шоссе, 51	6,9	0,18	3,5
" "	ул. Волкова, 12а	7,3	0,17	6,5
" "	Соломенская площадь	7,3	0,22	5,1
" "	пл. Космонавтов, ул. Мартиросяна	7,3	0,19	2,0
" "	в 250 м от станции метро "Гидропарк"	7,0	0,13	2,0
" "	ул. Киквидзе, около железнодорожного моста	7,0	0,25	7,2
(сеноманский горизонт)	бул. Леси Украинки	7,0	0,46	6,0
(пермский горизонт, -340 м)				
" " (- 150 м)	пр. Науки, 43	7,0	0,24	3,0
" "	массив Оболонь; ул. Малиновского, 11/13	7,4	0,67	8,0
" " (юрский горизонт, -388 м)	на пересечении ул. Артема и Кудрявской	7,3	0,70	8,8
" " (- 162 м)	ул. Жуковского, 8/12	7,2	0,19	3,3
" " (- 365 м)	ул. Туровская, 38	7,0	0,46	34,0
" " (- 365 м)	ул. Туровская, 38	7,0	0,38	16,1
" "	Киево-Печерская Лавра	7,0	0,25	7,4
" "	Печерский парк	7,0	0,38	9,5
" "	ул. академика Костичева	7,0	0,33	5,6

мерение потенциала проводится на приборе, который состоит из потенциометра ЭПП-0,9 и магнитной мешалки ММ-3. По полученным результатам строится калибровочный график в координатах  $E_{\text{мв}} - \lg C_{\text{F}}$ . Потом так же измеряется значение потенциала в исследуемом растворе (после того, как установлено постоянное значение потенциала). По графику определяется  $\lg C_{\text{F}}$ , потом вычисляется  $C_{\text{F}}$  исследуемого раствора. Время единичного определения 5–10 мин.

В каждом административном районе города в среднем обследовано 15 источников подземных вод – артезианских скважин, колодцев индивидуального и коллективного пользования и родников; таким обра-

зом, каждая точка отбора проб воды характеризует определенную часть Киева.

Наблюдаемые вариации удельной активности радона в питьевых водоисточниках зависят, по-видимому, от состава водовмещающих пород и от наличия разломных зон в фундаменте. В поиске причин наблюдаемых вариаций удельной активности радона в источниках при анализе данных измерения радона был введен фактор "территориальная зона". В результате территория г. Киева разделена нами на два крупных района: Левобережный и Правобережный. Как видно из таблицы, удельная активность радона и содержание фтора в подземных водах на территории

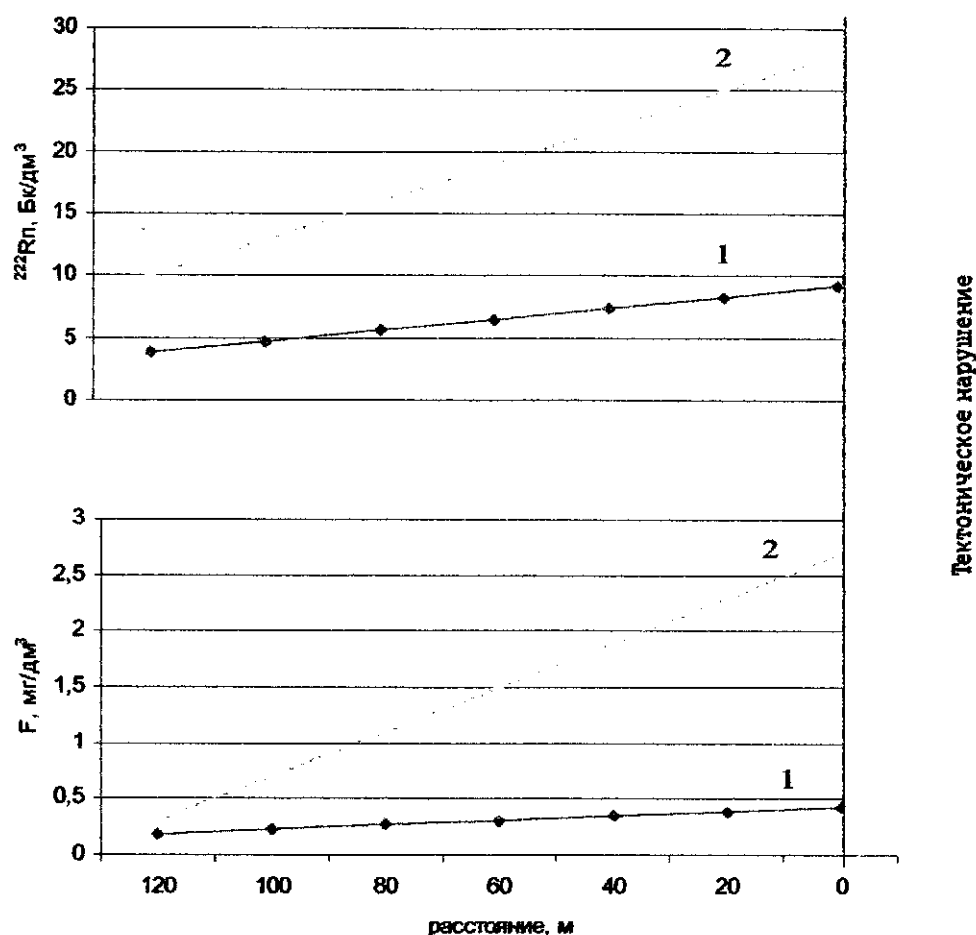


Рисунок. Содержание  $^{222}\text{Rn}$  и F в водах г. Киев. 1 – источники, 2 – скважины.

города ниже предельно допустимого значения, установленного для воды хозяйственно-питьевого назначения (для радона – 100 Бк/дм<sup>3</sup>, для фтора 0,7–1,2 мг/л [4]).

Результаты исследований показали, что максимальная удельная активность радона в артезианских скважинах составляет 34 Бк/дм<sup>3</sup> (содержание фтора также повышено – 0,46 мг/л при фоновом 0,2), а минимальная – 2 Бк/дм<sup>3</sup> (содержание фтора 0,19 мг/л). Артезианские скважины в среднем содержат несколько больше радона и фтора (в 1,5 раза), чем воды колодцев. Вода в родниках и минерализованных источниках также отличается повышенным содержанием радона и фтора.

Отсутствие существенного вклада фактора “вид источника” говорит о том, что, очевидно, ведущую роль в поступлении радона в подземные воды играют проницаемые разломные зоны земной коры, где горные породы раздроблены, по этим зонам к дневной поверхности диффундируют различные газы, в том числе радон-222.

Что касается фтора, то основная причина формирования фтороносных вод на территории Украины – разгрузка глубинных минерализованных подземных вод в зонах тектонической активизации и тектонических нарушений. В последних выявлена гидродинамическая связь водоносных горизонтов верхних структурно-тектонических зон с глубинными сильно минерализованными водами на участках тектонических нарушений, за счет чего содержание фтора в водах увеличивается. При нарушении физико-химического равновесия природной системы “фторсодержащие породы, минералы – природные растворы” источником фтора в подземных водах становятся горные породы и минералы. Попадая на значительные глубины, фторсодержащие горные породы в результате эпигенетических преобразований (растворение, гидратация, метасоматоз и др.) теряют значительное количество фтора, которое поступает в контактирующие с ними воды.

Район исследований – г. Киев – территория с низким природным содержанием фтора в воде, почве, а также в продуктах питания местного проис-

хождения (растениеводческая продукция). Изменение его содержания в разрезе и по площади обусловлено особенностями тектонического строения и гидродинамическим режимом подземных вод.

Существует определенная зависимость: увеличе-

ние содержания радона и фтора в подземных водах в зонах тектонических нарушений (рисунок), т. е. наиболее высокое обогащение вод фтором и радоном, в данном случае, происходит в результате привноса их глубинными растворами, поступающими к поверхности.

**Работа выполнена при финансовой поддержке НТЦУ, проект 2431.**

1. Барщевский Н. Е., Купраш Р. П., Швыдкий Ю. Н. Геоморфология и рельефообразующие отложения района г. Киева. – Киев: Наук. думка, 1989. – 196 с.

2. Жовинский Э. Я., Крюченко Н. О., Ильинский Ю. Ф., Титовец М. Ф. Фтор в подземных водах Молдовы и приграничной территории Украины // Минерал. журн. – 2003. – 25, №4. – С. 97–100.

3. Карачев И. И. Радиационно-гигиеническая и гидрогеологическая оценка воды сеноманского и юрского водоносных горизонтов, используемых для водоснабжения г. Киева. – Киев: УНГЦ МЗ Украины, 1991. – 19 с.

4. СанПин 2.1.4.559 – 96. Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарные правила и нормы // ЭВР. – 1998. – № 12.0.41-51.

5. Старостенко В. И., Баран П. И., Барщевский Н. Е. и др. Киев: Геология и геофизика окружающей среды и факторы, неблагоприятно на нее влияющие // Геофизич. журн. – 2001. – т. 23, № 4. – С. 3 - 38.

6. Флюорит Украины (критерии поисков). - Киев: Наук. думка, 1981. – 140 с.

**Розглянутий вплив зон тектонічних порушень на вміст радона і фтора у водах (на прикладі міської агломерації м. Київ). Дано порівняльний аналіз питомої активності радона і вмісту фтора в артезіанських свердловинах і джерелах.**

**Influencing zones of tectonic disturbances on the contents of a radon and fluorine in waters (on an example of a urban agglomeration of is reviewed Kiev). Made the comparative analysis of a specific activity of a radon and contents of fluorine in blow wells and sources.**