

УДК 539.128.3 + 550.35 + 577.464
ТРИТИЙ И РАДОН В РАЙОНАХ ЦЕПОЧЕК
КАРСТОВЫХ ПЕЩЕР

Г.В. Фомин (ГНЦ Институт биофизики)

Строительство термоядерного реактора ИТЭР намечено в районе цепочек карстовых пещер. Цель работы — выявление природных аномалий трития и радона в таких районах, определение их радиационной опасности для населения. Тритиевая и радоновая аномалии связаны с особенностями геологического строения местности, в частности, с карстовым подземным водотоком. Представлены предварительные данные по определению опасности природных аномалий трития и радона для населения.

TRITIUM AND RADON AT THE DISTRICTS OF THE KARST CAVES CLAINS. G.V. FOMIN. Building of thermonuclear reactor named ITER is planning in the karst caves clains districts. The purpose of this work is an exposure of natural anomaly of tritium and radon, determination of their radiation danger to the population in that districts. Tritium and radon's anomalys are connected with geological features of the landscape's structure, in particular with karst underground water channel. Prior facts of the determination danger to anomaly of tritium and radon are showed.

ВВЕДЕНИЕ

Цель работы — выявление природных аномалий трития и радона, определение их радиационной опасности для населения и выявление доли воздействия природных радиационных источников в отличие от техногенных. Результаты этой работы могут быть полезны для размещения, например, ядерных и термоядерных установок. Если доза на население от воздействия природных источников радона и трития окажется существенной, тогда в этом случае строительство ядерных и термоядерных объектов в таких местах должно быть отклонено.

Известно, что строительство термоядерного реактора ИТЭР намечено в районе г. Кадараш (Франция), провинция Прованс, севернее Марселя. Цепочки карстовых

пещер отмечены у самого Марселя, там хранится вино. Ярким примером карстовых пещер является подводная пещера, открытая Анри Косквиром в 1985 г., вблизи от Марселя. Большой интерес вызывает Вердонское ущелье (горы Прованс, ≈ 120 км от Марселя). Река Вердон берет свое начало у северо-восточной оконечности Альп, в горах Прованса и сливается затем с рекой Дюранс, впадающей в Рону под Авиньоном.

Длина Вердонского ущелья всего 19 км, но на этом небольшом расстоянии оно успевает достигнуть глубины 701 м (от края до уровня воды), так что это и самое длинное, и самое глубокое ущелье Франции. В отдельных местах оно к тому же очень узкое: стены каньона разделяет не более 198 м. Ущелье прорезано несколькими мощными известковыми пластами, и в окружающих известковых горах много пещер. Количество пещер в этой местности подсказывает, что процесс вымывания известняка дополнялся его химическим разрушением, т.е. вероятно, что ущелье возникло из системы подземных пещер, у которых обрушился свод. Данных по определению природных источников трития и радона в этой местности не найдено.

Тритий является индикатором интенсивности ядерных реакций нейтронов с легкими элементами, такими, как литий, азот, кислород и др. Из экспериментальных данных известно [1], что источником быстрых нейтронов в породах являются уран, торий и продукты распада их радиоактивных цепочек — радон, торон (по (α, n) -реакции). Наличие радона указывает на аномальное (превышающее фоновое более чем в 3 раза) количество урана в породах (в воде), когда подземными водотоками вымываются, растворяются известняки в слабокислотной воде, т.е. образуются карстовые пещеры, трещины, разломы и т.д. [2—4] (рис. 1, 2, 3). Совместное существование природных аномалий трития и радона показано в работе [4] для северо-

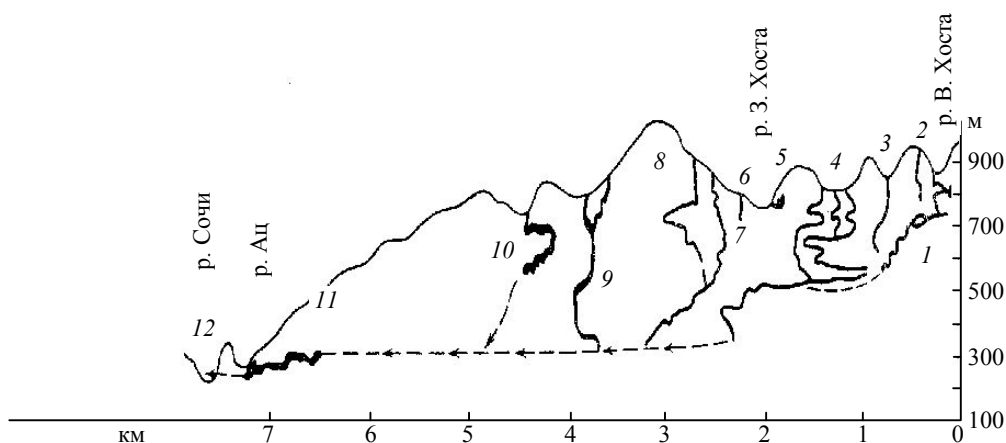


Рис. 1. Схема карстового водотока хребта Алек (≈ 15 км к северу от г. Сочи). Шахты и пещеры: 1 — Географическая; 2 — Девичья; 3 — Величественная; 4 — Назаровская-Осенняя (с Примусной); 5 — Барибана; 6 — Федорова; 7 — Заблудших; 8 — Ручейная; 9 — Октябрьская; 10 — Медвежья; 11 — Соколова; 12 — источники у устья р. Ац; ---- — направление подземного стока между карстовыми полостями (доказано опытами с окрашиванием) (из книги: В.Н. Дублянский, В.В. Илюхин. Крупнейшие карстовые пещеры и шахты СССР)

ро-запада Москвы, где в отличие от других районов Москвы преобладают карстовые, подземные водотоки. Нами также предсказаны возможные тритиевые аномалии в таких районах России, как Кавказ, Кольский полуостров, Урал, и некоторых других. Правда, еще раньше гидрогеологи обнаружили на Кавказе аномальные

Рис. 3. Хребет Арабика—Дзырха, к западу по течению от реки Мзымта (≈ 25 км от Адлера). Схема разгрузки карстовых вод массива Арабика (из статьи: Ю.М. Касьян, А.Б. Климчук. Пещера Крубера (Воронья) на Арабике — глубочайшая в мире. — В кн.: Пещеры, 2001, с. 181—185)

ИЗМЕРЕНИЕ ТРИТИЯ

71

Rackbeta 1215. При этом использовался сцинтиллятор типа Ultra Gold в соотношении 12 мл сцинтиллятора и 8 мл конденсата. Минимально измеряемая активность 10 Бк/л, что соответствует фоновой. Общая относительная неопределенность измерения составляет 20%. Чтобы исключить загрязнение кювет тритием, измеряли фон каждой кюветы с 12 мл сцинтиллятора, а также каждую пробу воды отбирали в две кюветы. Было отобрано 10 проб воды. Максимальное значение концентрации трития 500 Бк/л дала проба, взятая у впадения р. Ац, а минимальная 70 Бк/л соответствует впадению р. Ажек (см. рис. 1, 2). Пять проб, взятые еще ниже по течению р. Сочи, показали фоновые значения до 10 Бк/л, т.е. в р. Сочи происходит быстрое разбавление трития.

В соответствии с НРБ-99 уровень вмешательства для населения по концентрации трития в воде составляет 3300 Бк/л, что в 6 раз больше, чем обнаруженный нами максимум. Однако мы считаем, что необходимо предусмотреть следующие этапы возможных исследований:

- измерить концентрацию трития в карстовом водотоке в нескольких местах;
- определить содержание трития в воздухе в районе пос. Ажек;
- оценить дозу от трития при внутреннем поступлении для людей, проживающих в данной местности.

Известно [2], что возраст известняка в данной местности составляет более 100 миллионов лет и соответствует сенонскому ярусу мелового периода. Этот известняк образовался из морских отложений цилиндрических ракушек — белемнитов. Продолжающийся уже сотню миллионов лет процесс растворения известняка в кислой (угольная кислота) среде подобен способу добычи урана (серно-кислотное выщелачивание), когда в скважину закачивают серную кислоту, а извлекают растворимые соли урана. Видов осадочных месторождений урана — множество [3], но большинство таких ураносодержащих пород — глинистые. Глина в подземном водотоке должна забивать трещины, разломы и скапливаться в устье водотока. Необходимо провести гамма-спектрометрию пород и воды из русла карстового водотока на содержание урана, тория, радия, цезия и др.

Что касается измерений объемной активности радона в воздухе Воронцовской системы пещер (см. рис. 2), то они проводились сотрудниками Геологического института ВСЕГЕИ и Радиевого института (1999, 2000 и 2001 гг.)



Геннадий Васильевич Фомин, старший н.с., награжден орденом Мужества за ликвидацию аварии на Чернобыльской АЭС

[2]. Был отмечен рост более чем на порядок объемной активности радона с годами. Например, в Туфовом зале — 10 Бк/м³ (1999 г.), 2900 Бк/м³ (2000 г.) и 5900 Бк/м³ (2001 г.). В 2001 г. наблюдался максимум во всех частях Воронцовской системы пещер — от 875 до 5900 Бк/м³. Минимум наблюдался вблизи входов в пещеры, где проветривание достаточно интенсивное, — от 255 до 525 Бк/м³. Согласно НРБ-99 в новых зданиях объемная активность радона в воздухе помещений не должна превышать 100 Бк/м³. Поэтому величины, обнаруженные в Воронцовских пещерах, — аномальные и могут представлять опасность для туристов. Например, для инструкторов время посещения пещер может составить несколько часов в день в летний период. С

нашей точки зрения, в плане дальнейших исследований следует предусмотреть измерения плотности потока радона для пос. Ажек, Пластунка, Воронцовка (см. рис. 2). Можно было бы определить дозу от воздействия радона для населения этих поселков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Строительство термоядерного реактора ИТЭР намечено в районе цепочек карстовых пещер. Тритиевая и радоновая аномалии в районах цепочек карстовых пещер связаны с особенностями геологического строения местности, в частности, с карстовым подземным водотоком. Представлены предварительные данные по определению опасности природных аномалий трития и радона для населения в таких районах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бондаренко В.М., Демин Н.В., Кужевский Б.М.** Формирование потоков литосферных нейтронов под действием радиоактивности и влажности пород. — Геология и разведка, 2004, № 3, с. 53—54.
2. **Лавинский Ю.Г., Громов А.В.** Воронцовская система пещер как полигон радоновых исследований. — В сб.: Пещеры. — Пермь, 2004, с. 42—48.
3. **Каждан А.Б.** Основы разведки месторождений редких и радиоактивных металлов. — М., 1966, с. 69—74.
4. **Фомин Г.В.** Радон и тритий на северо-западе Москвы. — Вопросы атомной науки и техники. Сер. Термоядерный синтез, 2005, вып. 2, с. 60—68.
5. **Барнов В.А., Вагиберидзе Л.Р.** О распределении природного трития в термальных водах Грузии. — В сб.: Изотопы в гидросфере. Тезисы докл. 4-го международного симпозиума. — М.: ВСЕГИН-ГЕО, 1993, с. 22—23.
6. **Селецкий Ю.Б., Луценко П.А.** Результаты изотопных исследований минеральных вод в бассейне реки Мзымты. — Там же, с. 164—165.

Статья поступила в редакцию 12 апреля 2006 г.
Вопросы атомной науки и техники.
Сер. Термоядерный синтез, 2006, вып. 2, с. 69—73.