

УДК [550.34 : 551.24.] : 550.835.2

Ульянов Василий Юрьевич
старший научный сотрудник,
Приднепровский научно-образовательный
институт инновационных технологий
в строительстве,
49010, г. Днепропетровск,
ул. Чернышевского, 24
e-mail: vuluanov@mail.ru

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ МОНИТОРИНГА РАДОНА НА ПЛОЩАДКАХ АЭС В АСЕЙСМИЧНЫХ РЕГИОНАХ

Аннотация:

В статье дано обоснование необходимости организации на площадках строящихся и действующих АЭС дополнительной специальной службы – мониторинга радона. Она должна стать составной частью мониторинга подземных вод и сейсмомониторинга площадок АЭС, расположенных в сейсмически неактивных регионах. Положение об организации службы мониторинга радона должно быть закреплено в нормативных документах.

Ключевые слова: геодинамика, сейсмичность, мониторинг радона, радиометр радона, радонная станция, гамма-спектрометр

Ulyanov Vasilyi
Senior Researcher,
Pridneprovsky Research and Educational Institute
of innovative technologies in construction,
49010, Dnepropetrovsk,
Chernyshevsky Str, 24
e-mail: vuluanov@mail.ru

ORGANIZATION AND METHODS OF RADON MONITORING AT THE NPP SITE IN ASEISMIC REGIONS

Abstract:

The article gives the rationale for organization of the additional special service - monitoring of radon on the constructed and existing sites of nuclear power plants. This service should become part of the groundwater monitoring and seismic monitoring for NPP sites located also in seismically inactive regions.

Regulations on the organization of radon monitoring service should be fixed in regulatory documents.

Keywords: geodynamics, seismicity monitoring of radon, radon radiometer, radon station gamma spectrometer

Радоновыделение из недр как возможный показатель напряженности тектоносферы

Наша планета как динамическая структура в различных точках имеет места разгрузки напряженно-деформационного состояния. Одним из показателей в сейсмически активных районах Земли является выброс в атмосферу аномально высоких концентраций глубинных газов. В асейсмичных районах также отмечаются проявления напряженно-деформированного состояния Земли, которое выражено в периодических колебаниях интенсивности потока газов, поступающих в атмосферу. При этом, независимо от интенсивности потока газов, центры их разгрузки в пространстве остаются несмещенными. Поток газов, поступающих в атмосферу Земли, в основном состоит из метана, водорода, гелия, а также содержит инертный газ – радон (^{222}Rn). Его физические и радиометрические свойства: инертность, малый период полураспада (3,82 сут), наличие дочерних продуктов распада – послужили основанием для его изучения и использования в качестве одного из индикаторов (трассеров) при выявлении зон нарушения сплошности пород геологического разреза.

Тектонические (разрывные) нарушения земной коры являются одним из основных источников нарушений равновесия литосферы. Так, разрывные нарушения (глубинные разломы) характеризуются длительной историей развития с многочисленными, вплоть до настоящего времени, этапами тектонической активизации. Разрывные нарушения в значительной степени влияют на формирование рельефа дневной поверхности планеты. Для зон разрывных нарушений характерна повышенная трещиноватость горных пород, их дезинтеграция и водонасыщенность. Вдоль зон разломов активно развиваются процессы карстообразования, фиксируются значительные водоперетоки, устанавливается гидравлическая взаимосвязь поверхностных и подземных вод. В результате

всех этих явлений в зонах динамического влияния разрывных нарушений наблюдается разуплотнение и оседание несущих слоев горных пород, формирование ландшафтных аномалий. В зонах разломов часто наблюдаются деформации земной поверхности, приводящие к нарушениям целостности зданий, сооружений, дорог, трубопроводов, в том числе сооружений особо важных объектов, к которым относятся прежде всего АЭС, ГРЭС, ГЭС [1].

Изучение причин формирования аномалий радиоактивного газа радона в геологических слоях над разломными зонами послужило теоретической основой применения эманационной (радоновой) съемки для картирования разрывных нарушений на закрытых, т. е. перекрытых осадочным чехлом, площадях. В 70 – 80-е годы прошлого столетия было установлено новое явление – связь интенсивности радоновых аномалий с геодинамическими процессами в земной коре и особенно в зонах разломов. Это явление легло в основу нового направления исследований в структурной геологии – структурно-геодинамического картирования [2]. Исходя из вышесказанного, особенности поведения радона (^{222}Rn) в геологическом пространстве создают условия для его непрерывного мониторинга в качестве индикатора (трассера) напряженного состояния литосферы. Это подтверждается аномально высокими концентрациями ^{222}Rn в периоды, предшествующие землетрясениям, внезапным выбросом газов в глубоких шахтах, изменением напряженности атмосферного электрического поля и геологического массива перед оползновыми процессами и многим другим [3, 4, 5].

В последние годы радону, как индикатору тектонического события, уделяется все большее внимание, особенно из-за создаваемых вокруг АЭС стран СНГ и других стран геодинамических полигонов, где начаты и активно проводятся высокоточные геодезические и сейсмологические исследования, дополненные комплексом специализированных радиогидрогеохимических исследований [6, 7, 8]. Дополнительный импульс работы в этом направлении получили после известных событий на японской АЭС «Фукусима-Даичи». Однако в подавляющем большинстве случаев объектом изучения являлся и является радон в почвенном воздухе, определению же объемной активности радона (ОАР) в подземных водах по ряду причин уделялось и уделяется несоизмеримо меньше внимания.

Мониторинг радона как фактор повышения безопасности АЭС в асейсмичных регионах

Чтобы не допустить повторения последствий сейсмических событий, происшедших на японской АЭС «Фукусима-Даичи», существующие на площадках АЭС со сложными сейсмическими условиями или без них мониторинговые системы, на наш взгляд, нуждаются в расширении и дополнении новой системой – мониторинга радона, которую на ряде объектов фактически предстоит создать заново. О том, что данная система вполне может быть создана, свидетельствуют результаты проведенных в различных странах исследований.

Главное отличие данных мониторинга радона от обычных данных мониторингов другого типа, где фиксируются численные величины, (например, электросопротивление, сейсмическая активность и т. д.) состоит в том, что регистрируется не просто величина ОАР в данной точке в данное время, а кинетика изменения ОАР во времени. На основании этих данных можно судить об изменениях напряженно-деформированного состояния горных пород. Как отмечают многие исследователи, наблюдаемого времени подготовки тектонического события вполне достаточно, чтобы определить характер поведения ОАР и, соответственно, характер деформации литосферного блока. Таким образом, вполне вероятно осуществление непрерывного контроля за изменением напряженно-деформированного состояния среды при подготовке тектонического землетрясения. Ука-

занные изменения наглядно наблюдаются на кривых ОАР, полученных по данным мониторинга. К тому же налицо преимущества системы мониторинга радона перед сейсмомониторингом. Они заключаются в следующем:

а) источник регистрации радона расположен непосредственно в исследуемом блоке горных пород, что существенно повышает соотношение сигнал – шум при регистрации получаемых данных;

б) получаемые параметры радонового мониторинга позволяют судить о динамике напряженно-деформированного состояния блока горных пород в строго определенном месте;

в) измеренная скорость процессов изменения динамики горных пород при подготовке тектонического события невелика, что позволяет регистрировать и анализировать данные сейсмомониторинга в режиме реального времени.

Данная система представляется абсолютно необходимой из-за все усиливающегося воздействия даже слабых сейсмических событий на состояние строительных конструкций АЭС, особенно возведенных в 1960 – 1980 гг.

Следует особо отметить, что предлагаемая система мониторинга радона предназначена для использования полученных с ее помощью данных оперативным персоналом и службой эксплуатации АЭС. Функционирование отдельных элементов системы на первых порах предполагается в частично непрерывном режиме, а в перспективе – в полностью автоматическом. Полученная информация, дополненная данными других систем, обрабатывается и анализируется в постоянном режиме специально обученным персоналом, непосредственно находящимся как на площадке, так и за ее пределами.

Способ эксплуатации предлагаемой системы достаточно прост в выполнении. Измерения сводятся к одновременной непрерывной автоматической регистрации ОАР в почвенном воздухе на специально выбранных участках площадок АЭС (или геодинимических полигонах) при помощи автоматических радоновых станций, а также ОАР в пробах подземных вод, в том числе откачиваемых из выбранных режимных (мониторинговых) скважин и из дренажных колодцев (в случае, если эксплуатация АЭС проводится в условиях постоянного водопонижения). Частота отбора проб определяется конкретной сеймотектонической обстановкой в районе расположения АЭС. Определению не мешает присутствие других элементов или химически активных сред. Для регистрации радона используют на первых порах серийную измерительную аппаратуру. Радиационная безопасность в нормальных условиях обеспечивается применением относительно низких индикаторных концентраций. Не требуется специальных мер безопасности, а также проведения дезактивационных работ [9].

Приборы и оборудование

На первых этапах мониторинга определение содержания радона в пробах воды предполагается производить в лабораторных условиях непосредственно на площадке АЭС в одной из существующих штатных химических лабораторий. Пробы отбираются в ручном режиме из отводящих линий дренажных колодцев и в стволах выбранных мониторинговых скважин, в отличие от определений радона в почвенном воздухе, определяемом автоматически радоновыми станциями. Это связано с тем, что отечественная аппаратура для непрерывной регистрации радона в подземных водах (в скважинах), как и аппаратура для непрерывной регистрации радона в проточных (сбросных) и дренажных водах АЭС в настоящее время практически отсутствует или имеется только в единичных опытных образцах, импортная же неоправданно дорога. Причина в том, что непосредственное непрерывное автоматизированное измерение содержания радона в проточных водах – достаточно сложная техническая задача, связанная с особенностью самого радиоактивного газа, его инертностью и низким периодом полураспада.

На начальных этапах организации мониторинга радона на площадке АЭС в асейсмичных регионах предлагается использовать серийное лабораторное оборудование,

наиболее приемлемое по критерию «цена – качество», как, например, следующее:

- измерительный комплекс для мониторинга радона RIM 1688-2 фирмы «SARAD GmbH» или AlphaGuard PQ2000 фирмы «Genitron Instruments» (Германия) в базовой комплектации, а также их отечественные аналоги;
- сейсмическая радоновая станция СРС-05 приборостроительной компании «НТМ-Защита» (Россия), адаптированная для проведения мониторинга радона в составе измерительного комплекса [10];
- низкофоновые гамма-спектрометры типа ОРТЕС (США) или им подобные [11].

В качестве приборной базы на последующих этапах исследований предпочтительно использовать автоматизированную систему для непрерывного определения содержания радона в воде модели DURRIDGE RAD7 с дополнительным устройством RAD AQUA фирмы DURRIDGE Company, Inc (США) или отечественные модели приборов, если таковые к этому времени будут созданы и пройдут соответствующую стандартизацию.

Выполняемые исследования тесно коррелируются с углубленным мониторингом подземных вод посредством постоянно находящихся в скважинах на площадке АЭС датчиков контроля гидрогеологических параметров (уровня подземных вод (УПВ), температуры, электропроводимости и т. п.) подземных вод типа Diver в различной комплектации.

Указанное выше оборудование может функционировать автономно, а может входить в комплекс сейсмического оборудования, после известных событий на АЭС «Фукусима-Даичи» совершенно необходимого для АЭС, размещенных даже и в сейсмически неактивных регионах. Причем речь может идти об оборудовании, размещенном как непосредственно на самой площадке АЭС, так и за ее пределами (не региональных или национальных пунктах сейсмических наблюдений).

Основные выводы

Применение радонометрии подземных вод в комплексе с геофизическими методами и мониторингом целесообразно при изучении сложной разломно-блоковой тектоники кристаллических пород фундамента на предмет возможности ее внезапной активизации. Указанные исследования должны стать составной частью гидрогеодеформационного (ГГД) мониторинга на площадках АЭС вместе с высокоточными геодезическими наблюдениями и скважинной сейсмометрией, и их нужно дополнительно закрепить в уже существующих нормативных документах.

Для качественного проведения мониторинга радона на площадках АЭС методика его проведения должна заключаться в тщательном анализе результатов параллельно производимых постоянных замеров ОАР в почвенном воздухе при помощи автоматических радоновых станций и постоянных замеров ОАР в пробах воды, желательного из постоянно действующих дренажных колодцев и глубоких режимных скважин.

На начальных этапах организации и проведения мониторинга радона измерения могут быть дискретными. Обработка проб воды из режимных скважин и дренажных колодцев может производиться в лабораторных условиях непосредственно на площадках самих АЭС. Впоследствии возможна установка автоматизированных комплексов по непрерывному определению радона в воде (в дренажных колодцах и скважинах).

По мере накопления и анализа получаемой информации применительно к конкретному региону расположения АЭС могут быть очень быстро установлены пороговые значения ОАР для принятия оперативных упреждающих мероприятий эксплуатирующим персоналом. Задача еще более упрощается при расположении АЭС в сейсмически активных регионах с постоянно проявляемыми сейсмическими событиями различной интенсивности, которые при определенных условиях могут служить для калибровки базовых пороговых значений.

Литература

1. К вопросу о природе эманационных (радоновых) предвестников землетрясений / В.П. Рудаков // Геохимия. – 2003. – № 2. – С. 222 – 224.
2. Горбушина Л.В. Эманационный метод индикации геодинамических процессов при инженерно-геологических изысканиях / Л.В. Горбушина, Ю.С. Рябоштан // Советская геология. – 1975. – № 4. – С. 106 – 112.
3. Уткин В.И. Динамика выделения радона из массива горных пород как краткосрочный предвестник землетрясения / В.И. Уткин, А.К. Юрков // Доклады РАН. – 1998. – Т. 358. – № 5. – С. 675 – 680.
4. Далатказин Т.Ш. Диагностика современной геодинамической активности горного массива при строительстве и эксплуатации ответственных объектов / Т.Ш. Далатказин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2005. – № 11. – С. 120 – 123.
5. Далатказин Т.Ш. Взаимосвязь уровня радоновой эмиссии с современной геодинамикой и тектоническими зонами / Т.Ш. Далатказин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2007. – № 2. – С. 212 – 215.
6. Методические указания по ведению гидрогеодеформационного мониторинга для целей сейсмопрогноза (R-STEPS) / Под ред. Г.С. Вартамян // ЗАО «Геоинформмарк». – М., 2000. – 77 с.
7. Федеральные нормы и правила. Оценка сейсмической опасности на участках размещения ядерно и радиационно опасных объектов (на основании геодинамических данных). РБ-019-01 / Г.Н. Бугаев и др. // Госатомнадзор РФ. – М., 2001.
8. СТО 95 102-2013. Ведение объектового мониторинга состояния недр на предприятиях госкорпорации «РОСАТОМ», СРО НП «СОЮЗАТОМГЕО». – М., 2013. – 57 с.
9. МР 2.6.1.27-2003. Зона наблюдения радиационного объекта. Организация и проведение радиационного контроля окружающей среды. (утв. Минатом РФ 21.03.2003). – М., 2003.
10. Программно-аппаратный комплекс мониторинга радона / Б.З. Белашев, А.А. Когут, А.Ю. Лукьянов // Труды карельского научного центра РАН. Сер. Математическое моделирование и информационные технологии. – 2014. – № 4. – С. 93 – 99.
11. Методическое обеспечение радиационного контроля на предприятии. Т. 3. Рекомендации по приборному обеспечению дозиметрического и радиометрического контроля в соответствии с НРБ-99 и ОСПОРБ-99 / Минатом, ДБЭЧС, НИЦ «СНИИП». – М.: ГП «ВНИИФТРИ», 2003. – 141 с.