
**ПРОБЛЕМЫ ЯДЕРНОЙ, РАДИАЦИОННОЙ
И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

УДК 504.064.36

**МЕТОДИКА ОБНАРУЖЕНИЯ УТЕЧЕК ИЗ ВОДОНЕСУЩИХ
КОММУНИКАЦИЙ КАК СОСТАВНАЯ ЧАСТЬ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО
МОНИТОРИНГА ПЛОЩАДКИ АЭС
«БУШЕР-1» В ИСЛАМСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ ИРАН**

© 2017 В.Ю. Ульянов

*Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры (ПГАСУА),
Днепропетровск, Украина*

В работе дано обоснование применения на площадке действующей АЭС «Бушер-1», расположенной в Исламской Республике Иран, принципиально новой методики поиска утечек из водонесущих коммуникаций в грунте с целью повышения безопасности при эксплуатации объектов и оборудования АЭС. Положение о данной методике в системе геотехнического мониторинга на АЭС «Бушер» должно быть разработано и закреплено в нормативных документах и должностных инструкциях. Данная методика может быть использована в системе геотехнического мониторинга площадок АЭС, расположенных в аридной климатической зоне, в т.ч. и с повышенной сейсмичностью.

Ключевые слова: Исламская Республика Иран, АЭС «Бушер-1», методика обнаружения утечек, акустический течеискатель, портативный кондуктометр, тепловизор.

Поступила в редакцию: 20.03.2017

ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемая методика направлена на обеспечение нормативных требований по безопасной и надежной эксплуатации трубопроводных сетей и прочих заглубленных в грунт водонесущих коммуникаций площадки АЭС «Бушер-1».

Эта задача особенно актуальна для АЭС «Бушер-1», расположенной в южной весьма засушливой природно-климатической зоне с повышенной сейсмичностью. Площадка АЭС характеризуется обилием проложенных, начиная ещё с 1974-75гг., трубопроводных коммуникаций различного назначения, к тому же изготовленных из разных материалов и содержащих технологические воды, значительно отличающиеся по химическому составу и температуре как друг от друга, так и от грунтовых вод. Последние, как правило, в значительной степени минерализованы и обладают повышенной температурой вследствие влияния, как природных, так и техногенных факторов.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Суть предлагаемой методики заключается в комплексном проведении визуальных и специальных инструментальных обследований поверхности площадки как вдоль трасс трубопроводных водонесущих коммуникаций систем UJ, UL, UK, UG, так и в местах расположения иных заглубленных сооружений АЭС «Бушер-1» (трубопроводы большого диаметра ZM, сбросные сооружения ZN, технологические каналы ZW с трубопроводами различного назначения), могущих стать источниками техногенных

утечек. Поверхностные визуальные и инструментальные обследования дополняются экспресс-определениями параметров химического состава и температуры подземных вод в смежных режимных скважинах, причём опробованию подвергается только самая верхняя часть водоносного горизонта, в наибольшей степени подверженная техногенному воздействию утечек из водонесущих коммуникаций.

Визуальные и инструментальные обследования производятся, прежде всего, при обнаружении в режимных скважинах значительных локальных повышений уровней и температуры, не связанных с климатическими или технологическими факторами (промывкой или проливкой оборудования на открытых площадках, гидравлическими испытаниями трубопроводных сетей и пр.).

Согласно требованиям нормативных документов при визуальных обследованиях поверхности площадки АЭС необходимо обращать особое внимание на следующие нарушения правил эксплуатации зданий и сооружений, дефекты и повреждения:

- выбросы отработанных технологических вод, пара, масла, дизельного топлива, разлив щелочей и кислот непосредственно у стен зданий и сооружений, а также вдоль трасс различных коммуникаций;

- повреждения дорожных покрытий (просадки, трещины, размывы, деформации дорожных покрытий и др.);

- повреждения земляного полотна обочин, откосов (повреждения дернового покрова откосов, оползни, промоины и др.);

- неисправности наружных сетей бытового водоснабжения;

- неисправность имеющихся систем полива зелёных насаждений, в частности, садовых участков, кустарников и газонов;

- неисправности ливневой канализации в пределах площадки АЭС;

- разрушения конструктивных элементов инженерных дорожных сооружений (подпорных стенок, подземных переходов, боковых нагорных и водоотводящих канав и др.) в пределах территории АЭС;

- неисправности дренажных систем насыпей и выемок;

- дефекты вертикальной планировки территории - обратные уклоны поверхности к зданиям и сооружениям; пониженные места с отсутствием организованного водоотвода атмосферных вод; места выхода подземных вод различного происхождения на поверхность; участки территории без вертикальной планировки, траншеи и котлованы без обратной засыпки и др.;

- повреждения вертикальной планировки: размывы технологическими или атмосферными водами неисправных подземных коммуникаций, не восстановленные нарушения планировки в результате ремонтных работ; разрушения средствами транспорта и др.;

- вспучивания или проседания грунта на поверхности вдоль трасс трубопроводов и подземных кабельных сооружений [1–4].

Наряду с визуальным обследованием, основанием для немедленного начала проведения инструментальных обследований на площадке АЭС «Бушер-1» являются: резкое изменение химического состава и температуры подземных вод в ближайших к трассам трубопроводных коммуникаций режимных скважинах, факт поступления подземных вод в заглубленные сооружения (подвалы зданий, кабельные и технологические каналы), не связанные с перечисленными выше технологическими причинами или с аномальным выпадением атмосферных осадков.

При обнаружении службой эксплуатации на площадке АЭС «Бушер-1» вышеперечисленных явлений, выполняются следующие виды инструментальных работ:

- обследование выбранных участков площадки, особенно вдоль трасс напорных

трубопроводов различного назначения, при помощи малогабаритного акустического течеискателя, например, типа "ТЕАКОН" (Россия), Aquascope компании «GUTERMANN Messtechnik» (Швейцария) и др.;

– экспресс-определения параметров химического состава и температуры в пробах подземных вод из ближайших режимных скважин (а при необходимости - из шурфов и приямков в технологических и кабельных каналах, в обводнённых швах между секциями каналов и пр.) при помощи универсального пробоотборника и портативного кондуктометра, например, типа АКП-02 (Россия), FG7 компании «Mettler Toledo» (Швейцария), HI 9835 компании «HANNA Instruments» (ФРГ), РНТ-028 (КНР) и др.

Использование переносных акустических течеискателей для обнаружения мест утечек из напорных трубопроводов зачастую является единственно возможным в сложных условиях площадки АЭС «Бушер-1», характеризующихся плотной компоновкой зданий и сооружений, обилием подземных коммуникаций различного назначения, к тому же изготовленных в разные периоды и из различных материалов (например, фрагментов напорных трубопроводов систем водоснабжения и, особенно, систем пожаротушения УJ, сооруженных ещё в 1974–1975 гг. немецкой фирмой KWU и составленных из секций стальных, чугунных и пластиковых труб и пр.). Течеискатели типа "ТЕАКОН" и ему подобные позволяют контактно или, что особенно ценно, бесконтактно определить наличие и местоположение утечки на определённом участке трубопровода с достаточно высокой точностью, что неоднократно было проверено практикой [5].

Однако, применение для целей поиска утечек из напорных трубопроводов и иных ёмкостей какого-то только одного вида инструментальных работ в условиях данной площадки часто является недостаточным. Точному установлению мест утечек может препятствовать недоступность значительных по протяжённости участков трубопроводов вследствие особенности компоновки основных зданий и сооружений АЭС «Бушер-1», наличие многочисленных многослойных забетонированных и заасфальтированных площадок, густой сети автодорог, многочисленных паразитических шумов от работающего оборудования в подвалах зданий и сооружений, движущегося транспорта и обслуживающего персонала, малое число смотровых или технологических колодцев и пр. Поэтому следует производить работы, применительно к конкретным условиям, только подготовленным персоналом и, по возможности, в строго определённое время (желательно, в утренние, вечерние или ночные часы, праздничные и выходные дни).

Также, для исключения воздействия вышеперечисленных факторов, особенно в сложных природно-климатических условиях площадки, при необходимости производится параллельное дополнительное обследование участков над трубопроводными коммуникациями в грунте переносными портативными тепловизорами. Для работы на площадке АЭС могут быть использованы достаточно широко распространённые тепловизоры серии E8 фирмы «SAT Infrared». Применение приборов данного типа тоже имеет свои особенности. Работы на открытом грунте для получения достоверной и точной информации лучше производить в тёмное время суток или в пасмурную погоду при отсутствии прямого солнечного света и сильного ветра.

Для экспресс-отбора из режимных скважин проб минерализованных подземных вод, зачастую с повышенной температурой, особенно характерных для площадки АЭС «Бушер-1», специалистами ЗАО "Институт "Оргэнергострой" (Москва) был сконструирован специальный малогабаритный секционный пробоотборник из полипропилена диаметром 75 мм с объёмом 1,5 л, позволяющий отбирать пробы из скважин диаметром до 110 мм.

Результаты визуальных осмотров и инструментальных обследований выбранных участков площадки АЭС фиксируются в Актах установленной формы. Для визуальных обследований рекомендуется дополнительно оформлять альбомы фотографий выявленных дефектов и повреждений. Результаты инструментальных наблюдений рекомендуется оформлять в виде карт или схем акустических аномалий и гидрогеохимических карт, совмещённых со схемами трасс водонесущих коммуникаций и пр. При необходимости также составляются термограммы участков трасс и карты тепловых полей в виде альбомов с указанием термоконтрастных аномалий и их координат [6].

Все указанные работы должны находить отражение в паспортах сооружений. Для использования предлагаемой методики эксплуатирующим персоналом АЭС должна быть составлена специальная местная инструкция, где оговариваются маршруты проведения обследований, периодичность, сроки, состав исполнителей, оснащение и пр.

Данная методика полностью или частично неоднократно успешно опробовалась в условиях площадки АЭС «Бушер-1» при поиске и устранении многочисленных утечек из заглубленных водонесущих коммуникаций различного назначения. В результате её применения специалистами УС БАС ЗАО «Институт Оргэнергострой» удалось практически полностью ликвидировать всевозможные, даже малообъёмные техногенные утечки из подземных трубопроводных коммуникаций различного назначения, серьёзно осложнявших проведение строительных работ на площадке АЭС в предпусковой период. Однако после передачи блока Заказчику вкупе с функциями проведения мониторинга, данная методика эксплуатирующим АЭС службам оказалась не известна.

Следует особо отметить, что предлагаемая методика не рассчитана на применение в случаях обнаружения утечек из спецтрубопроводов в грунте с условно- или слабо радиоактивными технологическими водами. Однако она может стать составной частью разрабатываемой для АЭС «Бушер» системы комплексного геотехнического мониторинга нового типа, включающего помимо традиционного мониторинга подземных вод также мониторинги радона и трития [7]. Последний специально предназначен для указанных выше целей [8]. Также она, несомненно, будет актуальна и для последующих блоков АЭС на этой площадке, строительство которых уже начато. Тем более, что на новых боках планируется осуществить общеплощадочный дренаж как грунтовых, так и техногенных водоносных горизонтов. Достоинством данной методики также является её способность постоянно совершенствоваться, причём, как организационно, так и технически, на основе последних научных достижений в этой области.

Описанная в настоящей статье методика поиска утечек является универсальной, особенно для площадок АЭС, расположенных в южных (аридных) природно-климатических зонах с повышенной сейсмичностью (Иран, Египет, Иордания, Турция и пр.). Данная методика в полной мере учитывает сложные инженерно-геологические и гидрогеологические условия указанных регионов, конструктивные схемы предполагаемых к постройке в этих регионах новых АЭС российского дизайна и геотехнологические особенности их будущей эксплуатации.

ВЫВОДЫ

Предлагаемая методика направлена на обеспечение нормативных требований по безопасной и надёжной эксплуатации трубопроводных сетей и прочих заглубленных в грунт водонесущих коммуникаций площадки АЭС «Бушер-1», непосредственно

влияющих на её безопасную эксплуатацию в сложных геотехнических и природно-климатических условиях. Также она будет актуальна и для последующих блоков АЭС на этой площадке, строительство которых уже начато.

Предлагаемая методика может стать составной частью предлагаемого для АЭС «Бушер-1» и её последующих блоков комплексного геотехнического мониторинга нового типа, включающего также мониторинги радона и трития.

Разработанная методика поиска утечек является универсальной и вполне может быть использована и для других площадок АЭС, расположенных в аридной природно-климатической зоне с повышенной сейсмичностью, в частности, Египте, Иордании, Турции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Типовая инструкция по эксплуатации производственных зданий и сооружений энергопредприятий: РД 153-34.0-21.601-98 [Текст]. – М.: СПО ОРГРЭС, 2000.
2. Положение по обследованию состояния оборудования, зданий и сооружений электростанций: РД 34.20.579 [Текст]. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1988.
3. Методические указания по контролю за режимом подземных вод на строящихся и эксплуатируемых тепловых электростанциях: СО 34.21.325-98 / РАО "ЕЭС России" [Текст]. – М.: СПО ОРГРЭС, 1999.
4. Требования к содержанию отчёта по обоснованию безопасности АС с ректорами типа ВВЭР: НП-006-98 (ПНАЭ Г-01-036-95) [Текст] – М., 1998.
5. Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок: ПНАЭ Г-7-008-89 [Текст]. – М., 2003.
6. Методические рекомендации по техническому диагностированию трубопроводов тепловых сетей с использованием акустического метода: РД 153-34.0-20.673-2005 [Текст]. – М.: Издательство «Новости теплоснабжения», 2006.
7. Типовая инструкция по периодическому освидетельствованию трубопроводов тепловых сетей в процессе эксплуатации: РД 153-34.0-20.522-99 / РАО "ЕЭС России" [Текст]. – М.: СПО ОРГРЭС, 2000.
8. Ульянов, В.Ю. Организация и методика проведения мониторинга радона на площадках АЭС в сейсмичных регионах [Текст] / В.Ю. Ульянов // Проблемы недропользования. – 2015. – №1. – С. 103–107.
9. Ульянов, В.Ю. и др. Мониторинг трития как возможного индикатора утечек из спецтрубопроводов и других водонесущих коммуникаций на площадке АЭС «БУШЕР-1» [Текст] / В.Ю. Ульянов, А.П. Елохин // Глобальная ядерная безопасность. – 2016. – №4(21). – С. 7–15.

REFERENCES

- [1] Tipovaya instruktziia po ekspluatatsii proizvodstvennykh zdaniy i sooruzhenii energopredpriatii: RD 153-34.0-21.601-98 [Typical instruction on operation of industrial buildings and facilities of power enterprises: RD 153-34.0-21.601-98]. M. Pub. SPO ORGRES, 2000. (in Russian)
- [2] Polozhenie po obsledovaniiu sostoiianiia oborudovaniia, zdaniy i sooruzhenii elektrostantsii: RD 34.20.579 [Regulations for the survey of the condition of equipment, buildings and structures of power plants: RD 34.20.579]. M. Pub. SPO Soyuztekhenenergo [перевод], 1988. (in Russian)
- [3] Metodicheskie ukazaniia po kontroliu za rezhimom podzemnykh vod na stroiashchikhsia i ekspluatiuemykh teplovykh elektrostantsiiakh: SO 34.21.325-98 / RAO "EES Rossii" [Methodological instructions for monitoring the regime of groundwater in the thermal power plants being built and operated: CO 34.21.325-98 / RAO UES of Russia]. M. Pub. SPO ORGRES, 1999. (in Russian)
- [4] Trebovaniia k soderzhaniiu otcheta po obosnovaniiu bezopasnosti AS s rektorami tipa VVER: NP-006-98 (PNAE G-01-036-95) [Requirements for the content of the report on the safety substantiation of the NPP with PWER type reactors: NP-006-98 (PNAE G-01-036-95)]. M. 1998. (in Russian)
- [5] Pravila ustroistva i bezopasnoi ekspluatatsii oborudovaniia i truboprovodov atomnykh energeticheskikh ustanovok: PNAE G-7-008-89 [Rules for the arrangement and safe operation of equipment and pipelines of nuclear power plants: PNAE G-7-008-89]. M. 2003. (in Russian)

- [6] Metodicheskie rekomendatsii po tekhnicheskomu diagnostirovaniu truboprovodov teplovykh setei s ispolzovaniem akusticheskogo metoda: RD 153-34.0-20.673-2005 [Methodical recommendations for technical diagnostics of pipelines of heating networks using the acoustic method: RD 153-34.0-20.673-2005 / Publishing house "News of heat supply"]. M., 2006. (in Russian)
- [7] Tipovaia instruktssiia po periodicheskomu osvidetelstvovaniu truboprovodov teplovykh setei v protsesse ekspluatatsii: RD 153-34.0-20.522-99 / RAO "EES Rossii" [Typical instructions for the periodic survey of pipelines of heating networks during operation: RD 153-34.0-20.522-99 / RAO UES of Russia]. M. Pub. SPO ORGRES, 2000. (in Russian)
- [8] Ulyanov V.Yu. Organizatsiya i metodika provedeniia monitoringa radona na ploshchadkakh AES v aseismichnykh regionakh [Organization and methodology of radon monitoring at NPP sites with aseismic regions]. Problemy nedropolzovaniya [Problems of subsoil use], 2015, №1, ISSN 2313-1586, pp. 103–107. (in Russian)
- [9] Ulyanov V.Yu., Elokhin A.P. Monitoring tritiia kak vozmozhnogo indikatora utechek iz spetstruboprovodov i drugikh vodonesushchikh kommunikatsii na ploshchadke AES «BUSHER-1» [Monitoring of tritium as a possible indicator of leaks from special pipelines and other water-bearing communications at the Bushehr-1 NPP]. Globalnaya yadernaya bezopasnost [Global nuclear safety], 2016, №4(21), ISSN 2305-414X, eISSN 2499-9733, pp. 7–15. (in Russian)

Technique of Leak Detection from the Water Bearing Communications as the Component of Geotechnical Monitoring of the Bushehr-1 NPP Platform in the Islamic Republic Of Iran

V.Yu. Ulyanov

*Dnieper State Academy of Construction and Architecture,
Chernyshevsky St., 24a, Dnepropetrovsk, Ukraine, 49600
e-mail: vuluanov@mail.ru
ORCID ID: 0000-0002-9028-3408*

Abstract – The project shows the use of a fundamentally new technique for locating leaks from water-bearing communications in the ground in order to improve safety in the operation of NPP facilities and equipment at the Bushehr-1 NPP in the Islamic Republic of Iran. Regulations on this technique in the system of geotechnical monitoring at Bushehr NPP should be developed and consolidated in normative documents and job descriptions. This technique can be used in the system of geotechnical monitoring of the NPP sites located in the arid climatic zone, including increased seismicity zones.

Keywords: Islamic Republic of Iran, Bushehr-1 NPP, leak detection technique, acoustic leak detector, portable conductometer, thermal imager.