

В. М. Шестопапов, Ю. А. Шибецкий

Научно-инженерный центр радиогидрогеоэкологических полигонных исследований Национальной академии наук Украины, г. Киев, Украина

О проблеме геолого-геофизической безопасности нового конфаймента четвертого блока Чернобыльской АЭС

Рассмотрены свидетельства и механизмы потенциального влияния локальных западных (микроединамических) зон на безопасность АЭС. Установлено наличие западных форм на промплощадке Чернобыльской АЭС, включая площадку строительства нового безопасного конфаймента. Показано, что природа зон и характер их влияния определяется разломными структурами и сопряженными процессами глубинной дегазации недр, которые не могут быть выявлены и изучены традиционными методами инженерно-исследовательских работ при выборе площадки АЭС. Выдвинуто предположение о том, что существенные и неисследованные к настоящему времени риски для ядерных объектов связаны с вероятными выходами глубинного водорода, который проникает на поверхность по подзападным каналам. Предложены подходы к исследованию системы «западина — подзападный канал» на промплощадках Чернобыльской и других АЭС.

Ключевые слова: промплощадка Чернобыльской АЭС, новый безопасный конфаймент, дегазация недр, система «западина — подзападный канал», землетрясение, плазмод, взрыв водорода.

В. М. Шестопапов, Ю. А. Шибецкий

Щодо проблеми геолого-геофізичної безпеки нового конфаймента четвертого блока Чорнобильської АЕС

Розглянуто свідчення і механізми потенціального впливу локальних западних (мікроединамічних) зон на безпеку АЕС. Встановлено наявність западних форм на проммайданчику Чорнобильської АЕС, зокрема на проммайданчику будівництва нового безпечного конфаймента. Показано, що природа зон і характер їх впливу визначаються розломними структурами і пов'язаними з ними процесами глибинної дегазації недр, які неможливо виявити й вивчити традиційними методами інженерно-випробувальних робіт під час вибору майданчика АЕС. Висунуто припущення про те, що суттєві й невивчені на поточний момент ризики для ядерних об'єктів пов'язані з можливими викидами глибинного водню, що піднімається на поверхню по підзападних каналах. Запропоновано підходи до вивчення системи «западина — підзападинний канал» на проммайданчиках Чорнобильської та інших АЕС.

Ключові слова: проммайданчик ЧАЕС, новий безпечний конфаймент, дегація недр, система «западина — підзападинний канал», землетрус, плазмод, вибух водню.

© В. М. Шестопапов, Ю. А. Шибецкий, 2016

Обычно при проектировании и выполнении работ по обоснованию строительства ответственных объектов, включая крупные промышленные предприятия и АЭС, основное внимание уделяется инженерно-геологическому изучению площадки будущего строительства на сравнительно небольшие глубины (метры или десятки метров). Основой такого изучения являются инженерно-геологические скважины, задаваемые по определенной сетке. Представления о глубинном геологическом строении обычно заимствуются из результатов общего геологического картирования (преимущественно масштаба 1:200 000), которое, как правило, не отражает геологическую специфику конкретной территории.

На особенности микрорельефа и возможные проявления микрогеодинамических процессов серьезное внимание, как правило, не обращается. Считается, что выравнивание площадки перед строительством с возможной досыпкой или намывом и последующим уплотнением грунта в достаточной мере нивелирует исходную неоднородность естественных оснований и практически нейтрализует возможные экзогенные геологические процессы. Именно таким образом осуществлялось проектирование и строительство Чернобыльской атомной станции (ЧАЭС).

Проблема, однако, заключается в том, что многие проявления на первый взгляд экзогенных процессов на самом деле имеют глубинную природу. В результате применяемыми ныне инженерными ухищрениями нейтрализовать их нельзя. А минимизировать риски от их, порою весьма опасных, воздействий можно лишь глубоко познав природу, структуру и режим функционирования.

Обычно геодинамическую активность недр увязывают с разломными зонами, отдельными разломами и активной трещиноватостью консолидированных пород земной коры. Классическим примером такой активной зоны является разлом Сан-Андреас на западе США. Но геологи-практики могут назвать многие десятки разломов на всех континентах, проявляющих современную геодинамическую активность, иногда достаточно опасную для промышленной и жизнеобеспечивающей инфраструктуры.

Проблема учета таких зон, понятная в целом теоретически, требует, тем не менее, тщательных комплексных исследований в каждом конкретном случае и до сих пор далека от гарантированного разрешения.

Еще меньше понимания демонстрируется при рассмотрении и оценке необходимости серьезного комплексного изучения локальных, часто весьма опасных, микрогеодинамических зон — западин. Бытующие до последнего времени представления об их исключительно экзогенном происхождении и развитии в проверенных случаях опровергаются обнаружением глубинных корней и особенностями их функционирования.

Покажем эту предполагаемую опасность в комплексе с сопутствующими геофизическими процессами на примере атомных станций.

Западные формы и дегазация недр (анализ литературных данных). Предварительно следует отметить, что на дне морей и океанов в огромном количестве были открыты западины, или *rockmarks* (рис. 1). Наряду с экзотическими надуманными версиями, их природу стали увязывать, главным образом, с восходящими потоками газонасыщенных флюидов, прорывающих под избыточным давлением перекрывающую осадочную толщу и извергающих на морское дно газо-водно-грязевую смесь. Такие извержения происходят либо в виде взрыва, либо в виде более спокойного пульсирующего напорного потока [1, 2]. Наличие

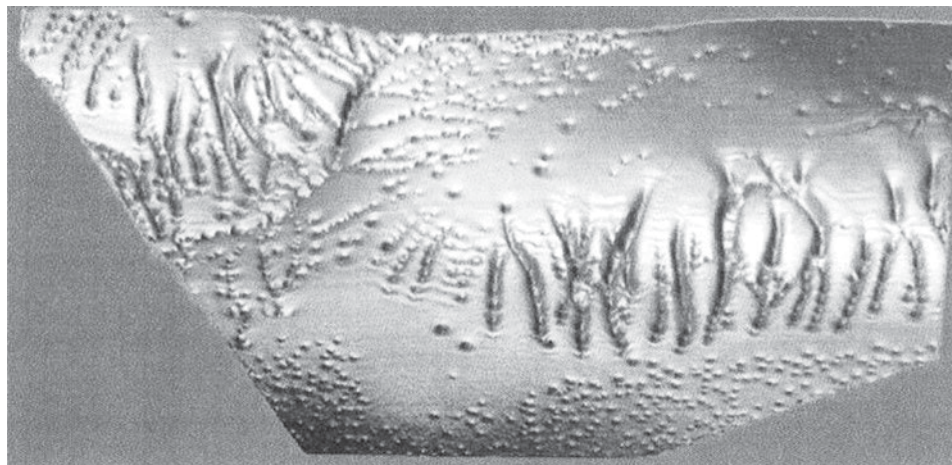


Рис. 1. Трехмерная визуализация строения поверхности морского дна у побережья Западной Африки [1]. Видны поля и цепочки западин на континентальном склоне

в молодых морских осадках большого количества органики, уплотнение этих отложений новыми осадками, результаты изотопных определений углерода в газовых компонентах (в основном в виде метана) восходящих флюидов свидетельствуют о том, что углеводороды имеют два источника происхождения — органическое вещество осадочных отложений и глубинную абиотическую составляющую.

Во многих случаях о «глубинности» газовой фазы флюидов свидетельствует наличие примесей водорода и гелия. Восходящее движение этих флюидов с больших глубин подтверждается и данными сейсмического профилирования, на основании которых были обнаружены подводящие к западинам вертикальные или субвертикальные каналы (*chimney* или *pipes*) [3]. Правда, протяженность этих каналов весьма различна — от нескольких сотен метров до нескольких километров (рис. 2). Весьма вероятно, что во многих случаях установленные глубины этих каналов характеризуют не истинную их протяженность, а возможности метода обнаружения. Во всяком случае, имеющиеся данные интерпретируются многими исследователями [2] как многоэтажная напорная система флюидов. Такая система состоит из напорных латеральных горизонтов и соединяющих их вертикальных труб, которые ступенчато распространяются от больших глубин до выходов западин на морское дно. Наряду с этим, зафиксированные в отдельных случаях весьма глубокие каналы, отходящие от глубинных разломов, свидетельствуют о нижнекоровых и подкоровых источниках флюидов и их газовых компонентов. В целом же можно предположить, что соотношение между органическим углеводородом, поступающим с относительно небольших глубин, и абиотическим

глубинным углеродом зависит от многих факторов и может варьировать в значительных пределах. Поэтому более детальное выявление этого соотношения требует тщательного комплексного изучения в каждом конкретном случае.

Важность оценки этого соотношения определяется не только целесообразностью выявления фундаментальных закономерностей формирования газосодержащих флюидов, но и практическими соображениями. Можно предположить, что в геодинамически активных зонах, при прочих равных условиях, существуют повышенные риски формирования аномально высоких давлений глубинного газа, формирующего каналы с наиболее опасными взрывными прорывами флюидов на морское дно [2].

Западины на суше также распространены весьма широко. Они характерны для равнинных территорий и, по имеющимся у нас данным, связаны с разломно-трещинной сетью консолидированных пород земной коры. Эта связь прослеживается с разной степенью уверенности. При неглубоком залегании скальных и полускальных пород, а также на участках геодинамической активизации связь западин с разломно-трещинной системой проявляется более четко, чем в районах распространения мощной покровной толщи рыхлых и геодинамически пассивных пород [4].

Глубинная природа западин на суше изучалась в России и Украине.

В России этой проблемой в течение ряда лет успешно занимается группа В. Н. и Н. В. Лариных [5]. Особое внимание обращается ими на выходы глубинного водорода на поверхность. Изучены значительные территории Липецкой, Волгоградской, Тверской, Московской и других областей.

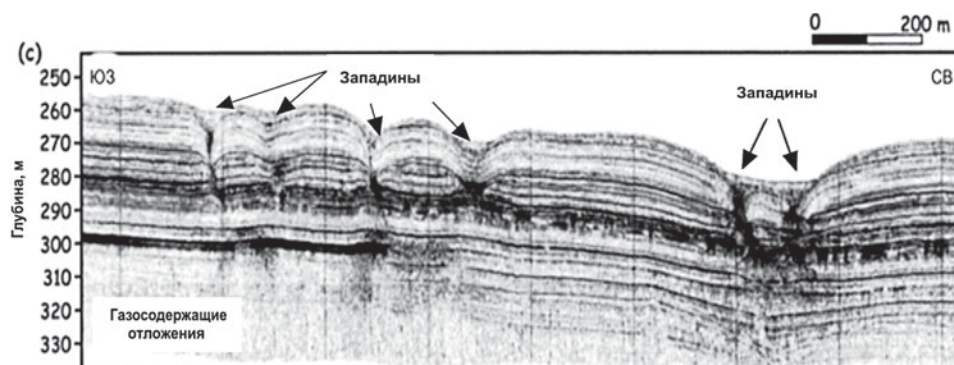


Рис. 2. Западины в турецкой части дна Черного моря [2]

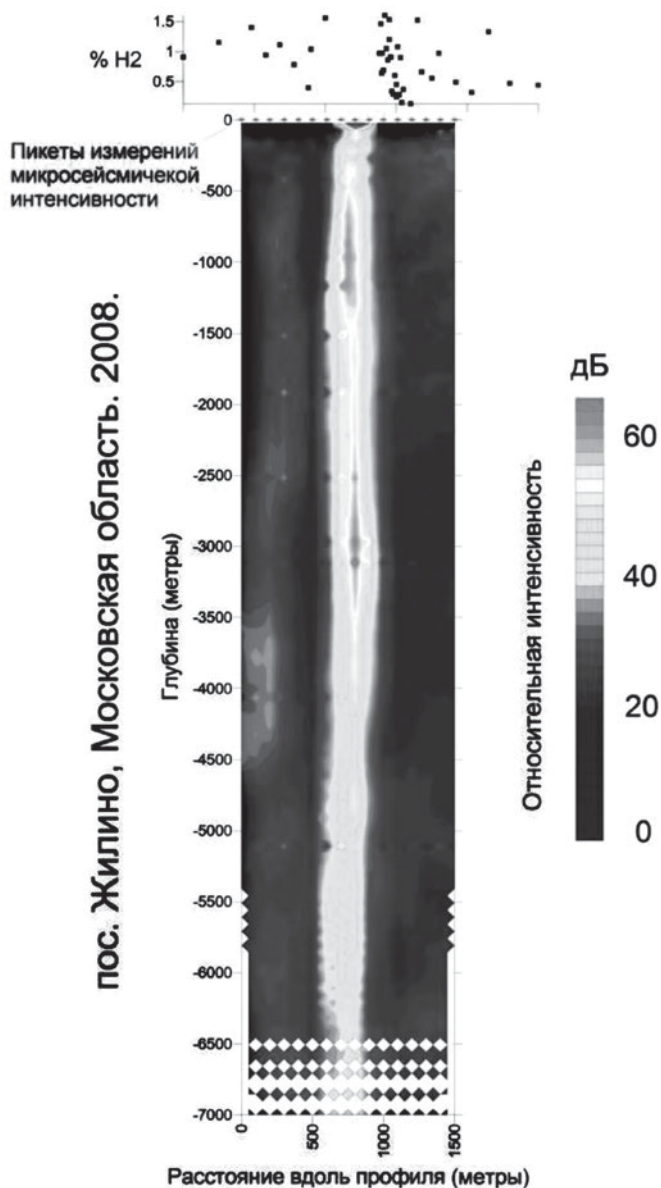


Рис. 3. Результаты исследований подзападинного канала дегазации [6]

Установлено, что дегазация глубинного водорода широко проявляется на Восточно-Европейской платформе. В зонах интенсивной дегазации водорода на поверхности образуются структуры проседания диаметром до 3 км, прорывные карстовые полости и взрывные воронки.

Западины-проседания в огромных количествах прослеживаются практически на всех равнинных территориях. Наличие глубинных корней у таких западин подтверждается группой Лариных определениями водорода, концентрация которого увеличивается с глубиной. Кроме того, А. В. Горбатовым и Лариными [6] выполнено микросейсмическое зондирование, которое позволило обнаружить под одной из западин канал с повышенной проницаемостью. Диаметр канала составляет 350 м, а глубина — до 7 км. По этому каналу происходит выход в атмосферу газовой фазы с содержанием водорода около 1,6 % (рис. 3).

Наиболее настораживающими являются взрывные образования. Весьма показателен взрыв мощностью около

30 т тротила, произошедший в 1991 году вблизи г. Сасов Рязанской обл. Характер воздействия этого взрыва оказался объемно-вакуумным, что подтверждает, по мнению Лариных, его водородную природу. Известно, что поступление водорода в воздух в объеме 4 % и более приводит к образованию весьма взрывоопасной смеси — «гремучего газа».

С 4 по 18 марта 1999 года вначале вблизи с. Ушаково Курской обл., а затем по прямой линии с интервалом 5–7 км в направлении Курской АЭС произошло в общей сложности 10 взрывов. Взрывы сопровождался выбросом почвы (с образованием воронок диаметром до 40 м и глубиной до 8 м), возникновением огненных столбов и столбов пара, а также вытеканием воды и грязи [7]. Одна из воронок образовалась всего в 20 км от Курской АЭС. Учитывая характер расположения воронок и особенности взрывов, было сделано предположение о том, что по глубинной периодически дегазирующей разломной зоне, в пределах которой расположена Курская АЭС, произошел выброс горючей метано-водородной смеси.

Изучение западин в Украине [4, 8, 9] также подтвердило их аномальную природу. Во-первых, структура, текстура и вещественный состав отложений в верхней части геологического разреза западин обладают аномальными чертами по сравнению с фоновыми участками. Во-вторых, в западинах обнаружены аномалии радона и торона, приуроченные к наиболее проницаемым их частям. В-третьих, геофизическими методами (в зависимости от их разрешающей способности) обнаружены подзападинные каналы глубиной от 50 до 400 м.

Одной из самых важных практических проблем западин является сложность определения степени их опасности для крупных промышленных объектов и коммуникаций. Группой Лариных была изучена ситуация в районе Калининской АЭС, расположенной в 120 км от г. Тверь [10]. Вблизи действующей станции (четыре блока ВВЭР-1000) намечается строительство еще четырех реакторов. И поблизости от существующей станции, и в местах будущего строительства измеренные концентрации водорода в подпочвенном газе изменялись от 0 до 1450 ppm. По мнению Лариных (исходя из накопленного ими опыта), с изменением времени и глубины отбора проб концентрации водорода могут возрасти в несколько раз. В работе [10] были рассмотрены также возможные последствия влияния таких концентраций водорода на карбонатные и глинистые породы промплощадки Калининской АЭС.

Восходящий в карбонатные отложения водородный поток вступает во взаимодействие со свободным и химически связанным кислородом (например, в окислах железа) и образует воду. Образовавшаяся вода подкисляется сопутствующими восходящими компонентами (S, Cl, F) и становится весьма агрессивной по отношению к карбонатам. В результате происходит интенсивный процесс эндогенного карстообразования, который может приводить к аварийным ситуациям. Также установлено, что наличие глинистых слоев, якобы препятствующих активному вертикальному водообмену и тем самым защищающих несущие карбонатные породы от карстообразования при подъеме глубинного водородного потока, не выполняет водоупорную функцию.

В глинистых разрезах обнаружены участки с многочисленными карбонат-цеолитовыми прожилками и каналами, пронизанными щелями. Консистенция глин в этих местах изменена до хрупкого (аргиллитоподобного), весьма проницаемого состояния. Таким образом, предположения

о практической неподверженности активному карстообразованию карбонатных пород в основании Калининской АЭС весьма далеки от реалий. Игнорирование водородного фактора может привести к серьезным негативным последствиям.

По результатам упомянутых предварительных исследований 06.08.2015 в АО ВНИИАЭС состоялось совещание на тему «Возможные опасные явления в свете водородной дегазации Земли». На совещании присутствовали первый заместитель генерального директора АО «ВНИИАЭС», директор ВНИИАЭС-НТП А. Н. Лупишко, научный руководитель эксплуатации АЭС Л. М. Воронин и др. На совещании Н. В. Ларин (Институт физики Земли РАН) сообщил о результатах исследований дегазации и рисках, связанных с этими процессами. Было принято решение провести оперативные исследования в первую очередь в районе Калининской АЭС. В сентябре 2015 года на восьми пикетах в пределах территории, непосредственно прилегающей к площадке Калининской АЭС, было выполнено определение концентрации газов (водород, метан, углекислый газ, кислород) в подпочвенном слое пород зоны аэрации. Всего было отобрано 65 проб различными газоанализаторами из 36 скважин глубиной 1,2 м. В нескольких скважинах на двух пикетах обнаружены опасные концентрации водорода. В результате выполненного исследования рекомендовано: 1) продолжить наблюдение выходов на двух выявленных аномальных пикетах и 2) провести газогеохимическое обследование непосредственно на территории Калининской АЭС «с целью определения мест с повышенной концентрацией газов, которые могут создать неблагоприятные условия эксплуатации отдельных инженерных систем и станции в целом».

Сейсмогеодинамические аспекты аварии на ЧАЭС. Настораживающие результаты исследований получены по району ЧАЭС. Прежде всего необходимо обратить внимание на особенности природно-техногенной обстановки вблизи станции до начала, во время и после аварии 1986 года.

В. Г. Васильев* [11] обобщил данные о фактических событиях на станции и вокруг нее, полученные из различных источников: материалов Института физики Земли РАН, Института геофизики НАНУ, свидетельств работников станции, специалистов [12, 13], материалов к докладу МАГАТЭ и др.

В результате анализа всех материалов В. Г. Васильев обращает внимание на следующие аспекты.

1. Промплощадка ЧАЭС расположена вблизи пересечения крупных глубинных разломов — Южно-Припятского и Тетеревского.

2. В регионе в 1980—1990 годах наблюдалась активизация сейсмостектонических процессов. Активизация проявлялась в виде многочисленных землетрясений с местными очагами: в Минской обл. — в 1978 и 1983 годах, вблизи ЧАЭС — в 1986-м и нескольких в 1996 году, в Киеве — в 1986 и 1991 годах. Отмечались также специфические геодинамические нарушения в технических системах: смещение фундаментной плиты четвертого энергоблока ЧАЭС летом 1985 года; периодические нарушения балансировки

турбогенераторов №№ 7 и 8 (последнее произошло 17.04.1986 из-за перекоса фундамента этих турбогенераторов); тяжелая авария со взрывом водорода на неработающем втором блоке ЧАЭС в 1991 году. В последнем случае, как и во время аварии на четвертом блоке в 1986 году, перед взрывом наблюдалось свечение над реактором.

3. В регионе происходили значительные флуктуации напряжений геофизических полей в земной коре и атмосфере. Флуктуации фиксировались инструментально и проявлялись в виде потерь электроэнергии на линиях электропередачи, а также болезненными психофизическими реакциями людей. С 17.04.1986 происходили особенно резкие перепады атмосферного давления. Наибольший максимум давления 25.04.1986 сопровождался резким усилением аварийных ситуаций на транспорте и в электросетях «Киевэнерго».

4. По данным сейсмостанции «Норинск», расположенной в 110 км западнее ЧАЭС, в период с 16.04.1986 по 08.05.1986 наблюдалось восемь пиков сейсмической активности. При этом максимальное количество сейсмоявлений (24) произошло с 25 по 26 апреля 1986 года. За два-три часа до аварии были слышны взрывы в районе г. Чернобыль и пруда-охладителя. За минуту до аварии в центральном зале наблюдались свечение и подпрыгивание фрагментов биозащиты реактора массой 350 кг. В промежутке между 1 ч 23 мин и 1 ч 39 мин сейсмостанция «Норинск» зафиксировала несколько сейсмических сигналов.

В 1 ч 23 м 54 с происходит отключение электропитания, падение плиты перекрытия в машинном зале, свечение внутри помещения и прорыв голубовато-фиолетового факела наружу на высоту около 70 м. Герметичность контура еще сохранялась. Но в 1 ч 23 м 59 с появляются глухой гул, взмывание огненного факела над четвертым блоком на высоту около 0,5 км и происходит массовое разрушение конструкций этого блока.

На основании детального анализа упомянутых сейсмических событий и особенностей повреждений внутри блока, В. Г. Васильев делает вывод о том, что на фоне активизировавшихся сейсмогравитационных процессов главным виновником аварии были все же высокотемпературные плазмоиды (или шаровые молнии). Схожий выход плазмоидов из недр наблюдался во время землетрясения в 1970 году в Сочи и в ряде других случаев.

Шаровые молнии характеризуются колоссальной концентрацией энергии, высокой температурой (от $6 \cdot 10^3$ до $140 \cdot 10^3$ °C) и кратким временем жизни (10—100 с). По мнению В. Г. Васильева, упомянутые особенности шаровых молний и обусловили, в частности, избирательное оплавление конструкций, быстрое остывание расплава, соседство возникновения высокотемпературных участков с низкотемпературными (на некоторых из них сохранилась даже покраска), наличие предварающих взрывов, прожигание нижней плиты на узком участке, струйное прожигание стальных труб в подаппаратном помещении.

Результаты наших исследований. Независимо от результатов анализа особенностей аварии, выполненных В. Г. Васильевым и опубликованных в 2006 году, нами по материалам предыдущих геолого-геофизических исследований произведен комплексный анализ геологического строения недр в районе расположения ЧАЭС [4, 9].

По сравнению с данными, которые использовал В. Г. Васильев, были установлены существенные отличия, указывающие на более значимую роль геологического основания станции в формировании рисков для ее безопасности.

* Васильев Валерий Григорьевич — старший научный сотрудник ВНИИМ им. А. А. Бочвара (1962—1992); главный специалист, советник секретариата руководства Минатома (1992—1997); сотрудник Отдела физических и химических наук МАГАТЭ (1984—1988); член-корр. Международной академии информатизации при ООН, отделение «Атомная наука и техника»; член-корр. РАЕН, секция «Ноосферные знания и технологии» (Источник: <http://heliometr-doklad.narod.ru/avtory.html>).



Рис. 4. Тектонические нарушения на территории Чернобыльской зоны отчуждения

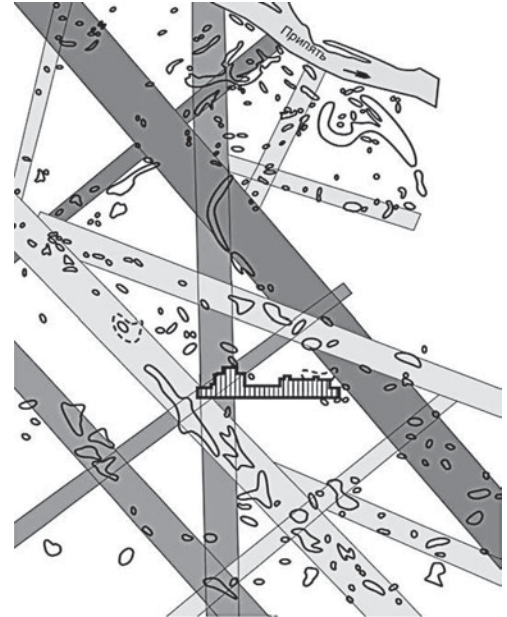


Рис. 5. Геодинамические зоны в районе расположения ЧАЭС. Замкнутыми контурами обозначены западинные образования

1. ЧАЭС расположена не вблизи соответствующих разломов, как считал В. Г. Васильев, а непосредственно в пределах зоны Южного прибортового разлома, ограничивающего склон крупнейшей Днепровско-Донецкой впадины с юга (рис. 4).

2. Некоторые межблоковые нарушения этой зоны разломов проходят непосредственно под четвертым блоком ЧАЭС либо в непосредственной близости (рис. 5).

3. Эти нарушения геодинамически активны и в настоящее время. В частности, к ним приурочены западины, которые были выровнены в 1970 году при подготовке промплощадки к строительству и вновь выявлены по данным аэрофотосъемки в 1986 году (рис. 6).

4. Анализируя упомянутые данные о дегазации недр через системы западин и подзападинных каналов, а также некоторые эффекты разрушений в реакторе, можно сформулировать гипотезу о том, что в период, предшествующий аварии, и во время самой аварии установленные сейсмогравитационные и предполагаемые

ионизационно-электромагнитные (плазмодные) процессы дополнялись значительными импульсами глубинной дегазации водорода.

Кроме выявленных на промплощадке линейных геодинамических напряжений и активных западин, которые за 16 лет после строительства успели возобновиться, поглотив значительную часть перекрывающих сыпучих пород, обращает на себя внимание возникновение в начале аварии факелов голубовато-фиолетового пламени над четвертым блоком. Но именно такой эффект наблюдается при горении водорода в воздухе. Отмеченные во время аварии цвета радуги [11] объясняются тем, что при сгорании водорода в кислороде воздуха образовалась мелкодиспергированная вода, которая предопределила образование радуги.

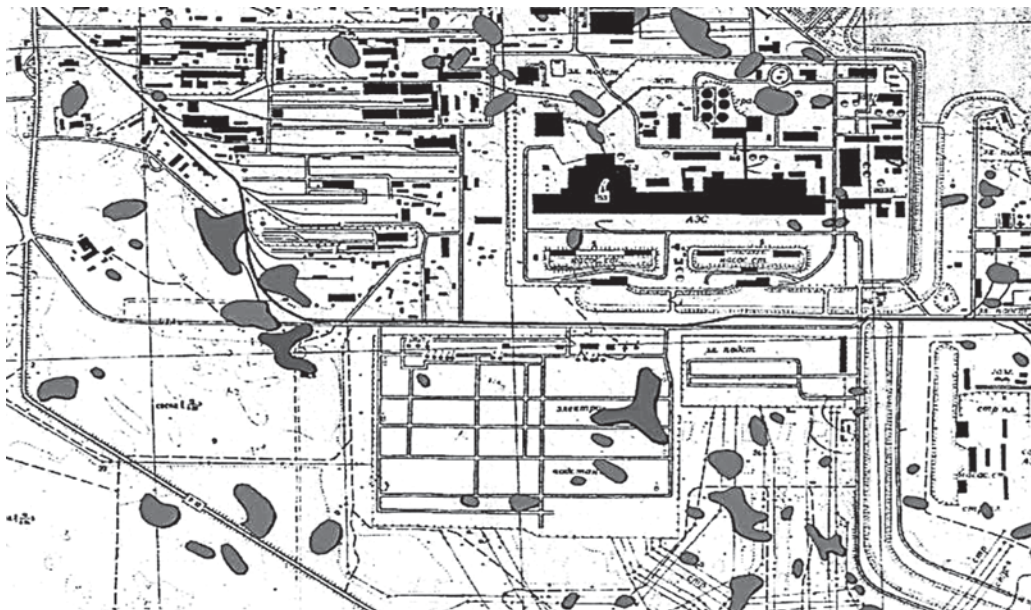


Рис. 6. Активные западины на промплощадке ЧАЭС (обозначены серыми пятнами)

В этой же связи обращают на себя внимание и отмеченные в [11] разрушения, обусловленные резким падением давления в шахте реактора и центральном зале. В результате смещены колонны железобетонного каркаса деаэрационной этажерки, обрушена легкая кровля. Кроме того, на кровле блоков А и В выявлены раздутые и разорванные внутренним давлением оболочки твэлов. Все это может происходить при взрыве водорода в воздухе, вызывающем катастрофическое падение давления.

Отметим также, что предположения о водородном взрыве на ЧАЭС 26.04.1986 как о возможной причине аварии на четвертом блоке высказывались в работах [9, 10]. При этом в первой из указанных работ подчеркивается, что световые и звуковые эффекты при взрыве глубинного водорода в Сасове подобны эффектам, которые наблюдались накануне и во время Чернобыльской аварии.

К сожалению, выбору площадки под строительство ЧАЭС не предшествовали детальные геолого-геофизические исследования. Поэтому мы обращались в Европейский банк реконструкции и развития, финансирующий работы на объекте «Укрытие», с обоснованием необходимости детального изучения геолого-геофизической обстановки в районе расположения ЧАЭС. Эти предложения были переданы в группу управления проектом, а там успешно «похоронены».

Но проблема при этом осталась. Более того, после получения дополнительных сведений о масштабной дегазации недр, упомянутых выше, становится очевидным, что она актуальна.

Обсуждение результатов наблюдений. Можно по-разному относиться к истолкованию причин аварии на ЧАЭС. К тому же, целью этой статьи не является пересмотр сложившейся их трактовки, которая основана на технических особенностях реакторов РБМК-1000 и роли человеческого фактора. Мы хотели бы обратить внимание на гипотетические риски промплощадки ЧАЭС, связанные с возможным воздействием малоизученных естественных процессов в ее геологической среде. Тем более, что проектирование нового безопасного конфаймента (НБК) над четвертым блоком ЧАЭС с позиций выявления и оценки этих рисков выполнено крайне неудовлетворительно.

Итак, процессы дегазации недр через систему «западина — подзападинный канал» доказаны в огромном количестве случаев. Хотя подзападинные каналы до сих пор в районе ЧАЭС не изучены, выявленное нами активное восстановление западин на промплощадке ЧАЭС свидетельствует в пользу наличия таких каналов. Эти каналы демонстрируют способность поглощать не только воду, но и твердые компоненты грунтов в значительных объемах. Наблюдавшаяся в 1980—1990 годах повышенная сейсмичность региона не является чем-то уникальным. Она, безусловно, будет периодически повторяться, приводя как к активизации ионизационно-электромагнитных процессов, так и к усилению дегазации недр. Следовательно, опасность повторения событий, подобных случившимся на ЧАЭС в 1986 году, остается реальной. Поэтому будет ли НБК над четвертым блоком действительно безопасным, зависит не только от совершенства проекта и мастерства его выполнения, но и от правильных представлений о процессах в недрах, а также от оценки возможности их предотвращения либо хотя бы минимизации. Для этого в районе расположения ЧАЭС необходимо выполнить соответствующий комплекс исследований.

В западинах на промплощадке и на некотором расстоянии следует определить выход газов (водорода, метана, гелия). В специально выбранных западинах целесообразно организовать режимный отбор таких газов, поскольку их концентрации при выходе изменяются по сезонам года и в течение ряда лет. Нужно также выполнить специальное сейсмическое профилирование через западины с целью выявления подзападинных каналов. В случае их обнаружения необходимо пробурить контрольные скважины в западине и на фоновых участках и выполнить специальный комплекс исследований.

Проводя эти исследования, мы должны учитывать два вида рисков. Первый из них описан выше и характеризуется взрывными эффектами от возможных плазмоидов и глубинного водорода. Второй вид рисков связан с более спокойным выходом водорода, не приводящим к взрывам, но в результате длительной дегазации и агрессивного воздействия провоцирующем ускоренное охрупчивание (разрушение) материала фундаментов. Эти воздействия также могут оказаться катастрофическими для нового конфаймента. К сожалению, при проектировании и закладке фундамента выявление западинных форм не осуществлялось, поэтому степень пораженности грунтов геодинамическими процессами под фундаментом осталась неизвестной.

В случае обнаружения упомянутых процессов необходимо разработать и осуществить специальную программу мероприятий по защите нового конфаймента от упомянутых воздействий и обеспечению его геолого-геофизической безопасности.

Выводы

1. Анализ результатов опубликованных исследований показал, что значительная часть микрогеодинамических западинных структур является результатом проявления дегазации из недр по системам «западина — подзападинный канал».
2. Интенсивность дегазации различна — от полного затухания до формирования концентраций, которые могут приводить к взрыву глубинного водорода в кислородсодержащем воздухе.
3. Активизация газовыделения провоцируется землетрясениями и может проявиться в опасном комплексе: механические подвижки (соответственно землетрясение) — электромагнитная плазмодная активность — газовые выбросы из недр.
4. Даже если газовыделение не сопровождается взрывами (из-за недостаточного количества водорода), аномальные концентрации этого газа способствуют деформации и ускоренному разрушению фундаментов и их грунтовых оснований.
5. Приведенные результаты наблюдений указывают на необходимость проверки в районе промплощадки ЧАЭС: а) наличия подзападинных каналов; б) существования выделений водорода из западин; в) отличий геолого-газо-гидрогеологических характеристик западинно-канальных зон и фоновых участков.
6. В случае подтверждения наличия систем «западина — газопроводящий канал» необходимо разработать и реализовать программу защиты нового безопасного конфаймента от опасной дегазации и сопутствующих процессов.

7. Приведенная информация (в том числе по российским АЭС) свидетельствует о целесообразности проверки территорий расположения действующих украинских АЭС в отношении выделения глубинных газов в опасных концентрациях.

Список использованной литературы

1. *Pilchen R.* Mega-pockmarks and linear pockmark trains on the West African continental margin / R. Pilchen, J. Ardent // *Marine Geology*. — 2007. — Vol. 244, issues 1-4. — P. 15–32.
2. *Cifei G.* Deep and shallow structures of large pockmarks in the Turkish shelf, Eastern Black Sea / Cifei G., Dondurur D., Ergun M. // *Geomarine letters*, 2003. — 23 - P. 311–322.
3. *Шестопалов В. М.* О некоторых результатах исследований, развивающих идею В. И. Вернадского о «газовом дыхании» Земли. Статья 1 : Поверхностные проявления аномальной дегазации / В. М. Шестопалов, А. Н. Макаренко // *Геологический журнал*. — 2013. — № 3. — С. 7–25.
4. *Shestopalov V.* Groundwater vulnerability. Chernobyl Nuclear Disaster / V. Shestopalov, A. Bohuslavsky, V. Bublasi; edited by B. Faybishenko, T. Nicholson. — Washington, DC : American Geophysical Union and John Wiley, 2015. — 119 p.
5. *Ларин В. Н.* Обнаружение дегазации водорода в центральных районах Русской платформы. [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://hydrogen-future.com/list-c-phenomen/2-page-id-6.html>
6. *Ларин Н. В.* Кольцевые структуры, обусловленные глубинными потоками водорода : Дегазация Земли: геотектоника, геодинамика, геофлюиды; нефть и газ; углеводороды и жизнь / Н. В. Ларин, В. Н. Ларин, А. В. Горбатилов // *Материалы Всерос. конф.*, 18–22 окт. 2010 г. — М. : ГЕОС, 2010. — 712 с.
7. *Портнов А. М.* Опасные дыры Земли / А. М. Портнов // *Природа*. — 2014. — № 4. — С. 94–96.
8. Водобмен в гидрогеологических структурах Украины : Водобмен в гидрогеологических структурах и Чернобыльская катастрофа / Гл. ред. В. М. Шестопалов. — К. : ИГН, НИЦ РПИ НАН Украины, 2001. — 631 с.
9. *Пристер Б. С.* Проблемы безопасности атомной энергетики : Уроки Чернобыля / Пристер Б. С., Ключников А. А., Шестопалов В. М., Кухарь В. П. — Чернобыль : Ин-тут проблем безопасности АЭС НАН України, 2013. — 199 с.
10. *Ларин В. Н.* Проблемы атомной станции в свете водородной дегазации Земли / В. Н. Ларин, Н. В. Ларин. [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://hydrogen-future.com/en/geologiya-i-geopolitika-en/44-problems-of-nuclear-plants.html>
11. *Васильев В. Г.* Катастрофа Чернобыльской АЭС. Приближение к истине / В. Г. Васильев. — М. : Изд-во «Белые альвы», 2006. — 111 с. — (Серия «Национальная безопасность», вып. 3).
12. *Киселев А. Н.* Процесс разрушения реактора Чернобыльской АЭС / А. Н. Киселев, К. П. Чечеров // *Бюллетень по атомной энергии*. — 2001. — № 10. — С. 20–25.
13. *Горбачев Б. И.* Когда на самом деле взорвался реактор в Чернобыле? Дополнительные доказательства / Б. И. Горбачев // *Бюллетень по атомной энергии*. — 2005. — № 4. — С. 48–50.

References

1. *Pilchen, R., Ardent, J.* (2007), “Mega-Pockmarks and Linear Pockmark Trains on the West African Continental Margin *Marine Geology*”, Vol. 244, Issues 1–4, pp. 15–32.
2. *Cifei, G., Dondurur, D., Ergun, M.* (2003), “Deep and Shallow Structures of Large Pockmarks in the Turkish Shelf, Eastern Black Sea”, *Geomarine Letters*, No. 23, pp. 311–322.

3. *Shestopalov, V.M., Makarenko, A.N.* (2013), “On Some Results of Research Developing the Idea on V. Vernadsky on Gaseous Breath of the Earth. Article 1: Surface Anomalous Degassing” [O nekotorykh rezultatakh issledovaniy, razvivaiushchikh ideiu V.I. Vernadskogo o gazovom dykhanii Zemli. Statia 1: Poverkhnostnyie proiavleniia anomalnoi degazatsii], *Geological Journal*, No. 3, pp. 7–25. (Rus)

4. *Shestopalov, V., Bohuslavsky, A., Bublasi, V., Faybishenko, B., Nicholson, T.* (2015), “Groundwater Vulnerability. Chernobyl Nuclear Disaster”, Washington, DC, American Geophysical Union and John Wiley, 119 p.

5. *Larin, V.N.* “Detection of Hydrogen Degassing in Central Regions of the Russian Platform” [Obnaruzheniie degazatsii vodoroda v tsentralnykh raionakh Russkoi platformy], available at: <http://hydrogen-future.com/list-c-phenomen/2-page-id-6.html>

6. *Larin, N.V., Larin, V.N., Gorbatikov, A.V.* (2010), “Circular Structures Caused by Hydrogen Underflows: Earth Degassing: Geotectonics, Geodynamics, Geofluids; Oil and Gas; Hydrocarbons and Life” [Koltsevyie struktury, obuslovlennyye glubinnymi potokami vodoroda: Degazatsiia Zemli: geotektonika, geodinamica, geofliuidy; neft i gaz; uglevodorody i zhyzn], *Proceedings of the All-Russia Conference*, 18–22 October 2010, Moscow, GEOS, 712 p. (Rus)

7. *Portnov, A.M.* (2014), “Dangerous Holes of the Earth” [Opasnye dyry Zemli], *Nature*, No. 4, pp. 94–96. (Rus)

8. *Shestopalov, V.M.* (2001), “Water Exchange in Hydrogeological Structures of Ukraine: Water Exchange in Hydrogeological Structures and Chernobyl Accident” [Vodobmen v gidrogeologicheskikh strukturakh Ukrainy: Vodobmen v gidrogeologicheskikh strukturakh i Chernobylskaia katastrofa], Kyiv, Institute of Geological Sciences, NASU, 631 p. (Rus)

9. *Prister, B.S., Kliuchnikov, A.A., Shestopalov, V.M., Kukhar, V.P.* (2013), “Problems of Nuclear Energy Safety: Lessons of Chernobyl” [Problemy bezopasnosti atomnoi energetiki: Uroki Chernobylia], Institute for Safety Problems of Nuclear Power Plants, NASU, 199 p. (Rus)

10. *Larin, V.N., Larin, N.V.* “Problems of Nuclear Power Plants Regarding Hydrogen Degassing of the Earth” [Problemy atomnoi stantsii v svete vodorodnoi degazatsii Zemli], available at: <http://hydrogen-future.com/en/geologiya-i-geopolitika-en/44-problems-of-nuclear-plants.html> (Rus)

11. *Vasiliev, V.G.* (2006), “Chernobyl NPP Catastrophe. Ascertain the Truth” [Katastrofa Chernobylskoi AES. Priblizheniie k istine], Moscow, White Alfar Pub., 111 p. (National Security Series, Ed. 3). (Rus)

12. *Kiseliov, A.N., Checherov, K.P.* (2001), “Process of ChNPP Reactor Destruction” [Protess razrusheniia reaktora Chernobylskoi AES], *Bulletin of Nuclear Energy*, No. 10, pp. 20–25. (Rus)

13. *Gorbachiov, B.I.* (2005), “When Did Chernobyl Reactor Really Explode? Additional Evidence” [Kogda na samom dele vzorvalsia reaktor v Chernobyle? Dopolnitelnyie dokazatelstva], *Bulletin of Nuclear Energy*, No. 4, pp. 48–50. (Rus)

Получено 12.01.2016.