

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И СОВРЕМЕННАЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА РАЙОНА НОВОВОРОНЕЖСКОЙ АЭС-2

Н.В. Макарова¹, В.М. Макеев², Т.В. Суханова³, А.Н. Стафеев³, И.В. Коробова⁴, Н.А. Гордеев⁵

¹МГУ имени М.В. Ломоносова, доцент, e-mail: vladim-makarov@yandex.ru

²Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, зав. лаб.

³МГУ имени М.В. Ломоносова, доцент,

⁴Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, м. н. с.

⁵ИФЗ имени О.Ю. Шмидта РАН, аспирант, e-mail: gord@ifz.ru

Нововоронежская АЭС-2 (НВАЭС-2) находится в центре Русской равнины на левобережье р. Дон в 45 км юго-восточнее г. Воронеж и в 3.5 км южнее г. Ново-Воронеж. Основной целью исследований является определение причин негативных явлений, наблюдаемых в последнее время на территории расположения АЭС. К ним относятся опускание отдельных участков, фиксируемые геодезическими измерениями, крены некоторых сооружений и др. Возможными причинами этих процессов является современная геодинамическая обстановка, активизация экзогенных и эндогенных процессов, которые в значительной степени определяются геологическим строением этой территории.

Геологическое строение

В геологическом строении территории расположения НВАЭС-2 (далее просто АЭС) участвуют породы фундамента и осадочного чехла [1].

Фундамент находится на абс. глубине +6+7 м, что всего на 75 м ниже уреза русла Дона или на 110 м ниже площадки АЭС (рис. 1). Южнее он выходит на поверхность в основании Павловского поднятия, а севернее Воронежа погружается до — 400 м и более. Фундамент слагают архейско-протерозойские глубоко метаморфизованные сложнодислоцированные породы — кристаллические сланцы, мигматизированные и гранитизированные амфиболиты, а также метапесчаники, метаалевролиты, прорванные интрузиями основного и кислого состава и разбитые разломами на разновысотные блоки. Такое близкое залегание кристаллического основания имеет значение для структур перекрывающего его осадочного чехла, существование и тип которых до настоящего времени вызывает дискуссию среди исследователей.

Осадочный чехол включает палеозойские, мезозойские и кайнозойские отложения. Они являются основанием, на котором возведена НВАЭС-2. От их состава, характера

залегания и мощности зависят процессы, которые могут повлиять на геологическую устойчивость территории. Поэтому ниже приводится краткое описание этих отложений.

Палеозойские отложения залегают на фундаменте с большим стратиграфическим несогласием и со слабым уклоном к северо-востоку к центру Московской синеклизы. В этом же направлении увеличивается и их мощность, но уже за пределами территории АЭС. Они представлены средним и верхним отделом девона. Среднедевонские отложения состоят из глин, аргиллитов и алевролитов с линзовидными прослоями известняков общей мощностью 15-30 м. К верхнему девону относится нижнефранский подъярус. Он состоит из двух горизонтов (подсвет) — нижнещигровского ($D_3 \text{ ш}_1$), в составе которого глины, замещающиеся песчаниками, доломитами мощностью до 25 м, и верхнещигровского ($D_3 \text{ ш}_2$), состоящего в верхней части из глин, а в нижней из известняков (см. рис. 1). Мощность глин не выдержанная, изменяется от 2 до 5 м, местами они полностью размыты. Известняки светло-серые, почти белые, крепкие, плотные, однородные иногда конгломератовидные. Их поверхность неровная, закарстованная, с выступами и понижениями глубиной до 5-10 м. Общая мощность горизонта в пределах площадки от 11 до 25 м, в большинстве случаев составляет 13-14 м.

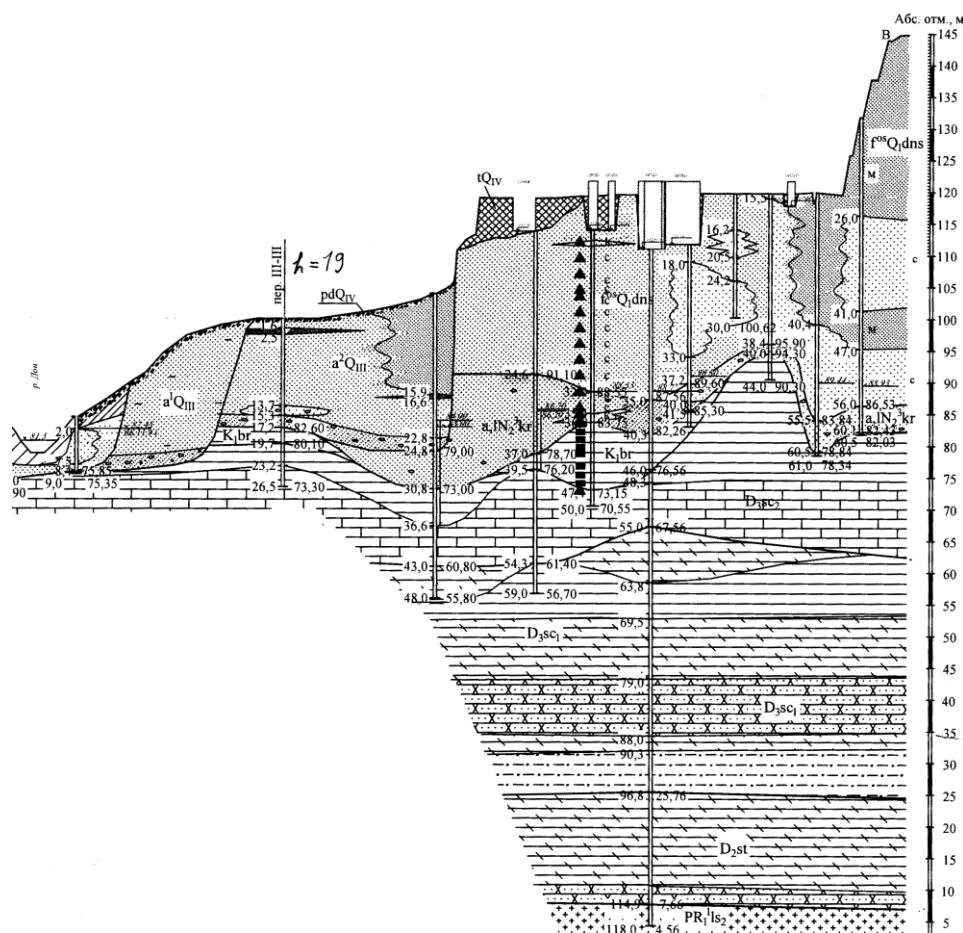


Рис. 1. Геологический разрез территории Нововоронежской АЭС-2

Мезозойские отложения непосредственно на территории АЭС представлены только нижним отделом меловой системы, барремским ярусом ($K_1 b$), сложенным преимущественно глинами голубовато-серыми и серыми, алевритистыми и опесчаненными, местами с прослоями известняков, серых алевритов и песков. Мощность отложений на площадке 5-10 м, местами уменьшенная до 2-2,5 м. В основании глин иногда присутствуют линзы или прослой сидеритовых песчаников и конгломератов с гальками черного фосфорита. Отложения залегают на верхнещигровских с большим размывом, заполняя крупные понижения. Кроме того наблюдается азимутальное несогласие: меловые отложения падают на юго-восток, в то время как девонские отложения — на северо-восток. Кровля отложений находится на абс. высоте 75-87 м, а подошва — около 70 м. Положительные неровности кровли барремских отложений местами сходны с небольшими тектоническими поднятиями, тем более, что и кровля подстилающих девонских известняков в этих местах также приподнята. Однако данных бурения недостаточно, чтобы охарактеризовать эти поднятия.

Неровности кровли глин образованы при ее разрушении в течение длительного периода континентального развития в начале кайнозоя и при врезании в нее русел Палео-Дона в плиоцене.

Кайнозойские отложения на территории АЭС включают неогеновые и четвертичные отложения. Неогеновая система представлена плиоценовыми отложениями, выделяемыми в кривоборскую свиту (или кривоборские слои) ($N_2 kr$). Отложения имеют аллювиальный, реже озерный генезис и выполняют погребенную долину Пра-Дона. Ее восточная граница в настоящее время размыта из-за постоянного смещения Дона в четвертичное время на склон Воронежского поднятия. Отложения залегают на неровной поверхности барремских глин нижнего мела, местами на верхнещигровских известняках верхнего девона. Кровля свиты находится на абсолютной высоте 90-95 м, а подошва опущена до 75 м. Мощность отложений в пределах площадки составляет 20-25 м, местами уменьшается до 1,5 м. Плиоценовые отложения состоят из песков и глин. Глины обычно присутствуют в верхней части свиты. Они темно-серые, почти черные, жирные плотные слюдистые слоистые, с лигнитом (полусгнившие и обуглившиеся остатки древесины). Это озерные или старичные осадки мощностью от 2 до 12 м. Нижнюю большую часть разреза составляют пески желтые, светло-и темно-серые, серые, кварцевые, мелко- и среднезернистые, в основании крупнозернистые, гравийные, с галькой и валунами, горизонтально, косо- и линзовидно слоистые. В нижнюю часть песчаной толщи включены крупные оползневые тела, состоящие из трещиноватого писчего мела или глин с прослоями известняков. Наиболее крупные из них достигают в высоту 10 м и в

ширину 200-400 м. Большой частью они приурочены к понижениям, представляющим собой погребенные русла Палео-Дона. Эти массивы сползли с правого склона долины, интенсивно подмываемого рекой.

Более древние нижне- и верхнемеловые, палеогеновые и миоценовые отложения широко развиты на правобережье Дона, где они слагают верхнюю часть обрывистого склона. В их составе глины, пески и песчаный мел. Общая их мощность 100-120 м.

Четвертичные отложения на исследуемой территории включают нижне-, средне-, верхнелепестовые и голоценовые отложения. Нижнелепестовые отложения представлены водноледниковыми отложениями - флювиогляциальными и лимногляциальными времени отступления ледника донского оледенения. Морена этого возраста на территории АЭС отсутствует, т. к. была размываема Доном. Она широко развита восточнее на левобережье Дона и западнее на его правобережье.

Флювио- и лимногляциальные отложения времени отступления донского ледника (fg, lg I d) залегают на плейстоценовых песках или нижнемеловых и верхнедевонских глинах. Вследствие этого подошва их неровная, с отдельными понижениями глубиной до 10-15 м. Абс. высота ее снижается на территории площадки к современному руслу Дона с 84-85 м до 77-78 м. Отложения в рельефе слагают вал, являющийся озом, протягивающимся меридионально вдоль долины Дона с севера далеко на юг за пределы исследуемой территории. Площадка АЭС врезана в западный склон этого вала, снижающегося к руслу Дона со 155 до 90-105 м. Механический состав отложений вала пестрый: фациально замещающиеся пески разной крупности, переслаивающиеся с суглинками, супесями и глинами, отложившимися в озерных понижениях. Мощность прослоев до 0,2 м. Местами крупнозернистые пески выполняют русловые понижения. Пески желтые, серые, разнозернистые с преобладанием мелкозернистых, местами глинистые, ожелезненные, с крупными зернами кварца и галькой северных кристаллических пород, горизонтально и косо слоистые. В нижней части разреза встречаются горизонтально слоистые глины темно-коричневые с охристыми пятнами ожелезнения, и суглинки светло-желтые, песчаные с включением гравия и валунов. Общая мощность отложений до 60-70 м.

Средне-верхнелепестовый не расчлененный комплекс покровных образований развит в основном на водоразделах лево- и правобережья Дон, тогда как на территории площадки на флювиогляциальных отложениях он отсутствует. Это светло-коричневые, палево-лессовидные суглинки, пористые, не слоистые, с вертикальной трещиноватостью, с известковистыми дутиками и натеками, с вертикальной отдельностью. Местами суглинки сильно песчаные, а ближе к склонам балок в них

появляются тонкие прослой песков. Более темным цветом выделяются горизонты погребенных почв. Общая мощность покровного комплекса от 3-7 до 15-18 м. Они традиционно считаются перигляциальными образованиями, имеющими эолово-делювиальный генезис (vd II-III). Макропористость и известковистость лессовидных суглинков, а также трещиноватость способствуют образованию в них просадочных форм разных размеров (рис. 2). Больше всего они развиты на поверхностях IV



***Рис. 2. Просадки в покровных лессовых отложениях на левобережье Дона
юго-восточнее АЭС***

среднелепесточеновой террасы Дона и зандровых равнинах раннелепесточенового возраста за пределами территории АЭС.

Верхнелепесточеновые: отложения представлены аллювием II и I террас р. Дон.

Аллювиальные отложения, слагающие II террасу (а 2t III), залегают на плиоценовых песках и верхнедевонских глинах. Большой частью аллювий вскрывается скважинами. Это пески с подчиненными прослоями супеси и суглинка. Пески желтовато-серые, кварц-полевошпатовые, вверху мелкозернистые, внизу крупнозернистые с гравием и галькой кремня и гранита. Суглинки и супеси, выделяемые в верхней части разреза, образуют линзы 0,8-2-3 м мощности. Местами аллювий имеет двухслойное строение. Каждый слой начинается снизу песком (русовая фация), а завершается глинами и суглинками (пойменная фация). Мощность аллювия в пределах площадки по данным бурения достигает 25 м, севернее за пределами территории АЭС она увеличена до 30-40

м. По данным геологической съемки [1], нижняя часть аллювия относится к микулинскому межледниковью, а верхняя — к калининскому оледенению.

Аллювиальные отложения, слагающие I террасу (alt III), залегают на глинах верхнешигровского горизонта верхнего девона или аллювии кривоборской свиты плиоцена, реже аллювии II террасы. Аллювий представлен в верхней части горизонтально слоистыми мелко- и тонкозернистыми светло серыми песками с тонкими прослоями супесей, суглинков, реже глин, представляющими пойменную фацию. В нижней части пески желтые горизонтально и косослоистые разномзернистые, с гравием и галькой, представляющие русловую фацию, в том числе ее базальный горизонт мощностью 1-2 м. Общая мощность аллювия 8-22 м. В пределах площадки АЭС подошва аллювия находится на 11-13 м ниже уреза реки. По данным бурения, она практически ровная, лишь с отдельными углублениями до 2 м, возможно, являющимися речными руслами. Возраст аллювия условно относится к ленинградскому межледниковью и осташковскому оледенению [1].

Аллювиальные отложения голоценового возраста (a IV) слагают пойму р. Дон, мелких речек и крупных балок. В основании обычно залегают слоистые серые и желтовато-серые пески крупнозернистые и гравелистые русловой фации, в том числе базального горизонта, а выше - супеси, суглинки, реже глины серые и темно-серые с линзами торфа, относящиеся к пойменной и старичной фациям. Их мощность 5-7 м. Мощность аллювия у рек Дона и Воронежа от 12-15 м, на площадке 12-14 м, а у мелких рек их притоков 6-8, в балках 5-6 м.

Эоловые отложения представляют перевеваемый песчаный аллювий террас и флювиогляциальных отложений с образованием дюн, валов, разделенных понижениями.

Из анализа геологического разреза разновозрастных отложений территории АЭС следует, что большая его часть, особенно верхняя, сложена песками аллювиальными и флювиогляциальными плиоценового и раннелепистоценового возраста. Пески неоднородные по механическому составу, наиболее грубые из них образуют линзы или слои, фиксирующие положение погребенных русел. Также выделяются глубокие тальвеги, в которых местами присутствуют массивы коренных пород, образовавшиеся при врезании русел, сопровождавшемся оползанием пород. Пески подстилаются глинами нижнемелового возраста, служащими водупором для подземных вод. Вследствие этого большая часть песков, по данным бурения, влажная, а в нижней части на контакте с глинами водонасыщенная. Местами водупорные глины размыты или их мощность — первые метры. В этом случае наблюдается близкое залегание к подошве песков

закарстованных известняков верхнего девона, что может явиться причиной развития суффозии в песках.

Рельеф района АЭС неоднороден по генезису и возрасту. Он имеет значительную амплитуду - 60-80 м, что потенциально обуславливает достаточно энергичное развитие эрозионных процессов — эрозии временными потоками и делювиального смыва. Склон озового вала изрезан не глубокими ложбинами, некоторые из которых едва видны, но по ним осуществляется сток на площадку. Возможно, что часть из них проявляет трещиноватость пород. Близкое расположение склона оза к площадке, в котором она и вырезана, вызывает выполаживание продольных профилей эрозионных ложбин у его основания, и как следствие, может вести к инфильтрации поверхностных вод вглубь песчаной толщи, являющейся основанием площадки. Это может вызывать просадки в устьевых частях ложбин. Благоприятными для развития суффозии являются и сами русла временных потоков, прорезающие пески. Такие же условия могут существовать на склоне и в основании II террасы, т. е. в тыловой части I террасы.

Суффозионные процессы развиваются и на пойме Дона, поскольку в основании слагающих ее песков залегают закарстованные известняки верхнешигровского горизонта.

Поверхностные карстовые формы непосредственно на территории расположения АЭС отсутствуют. Но они вскрываются скважинами на разной глубине от поверхности: от 2 м под аллювием I террасы до 50 м под нижнеоплейстоценовыми и плиоценовыми песками, где они приурочены к размытой поверхности верхнешигровских (верхнедевонских) известняков. На поверхности они широко развиты на правобережье Дона в толщах писчего мела, слагающих верхний мел (рис. 3).



Рис. 3. Карстовая воронка в писчем мелу на правобережье Дона против АЭС

На левобережье на территории площадки эти отложения отсутствуют, за исключением оползневых массивов в основании плиоценовых отложений, о которых было сказано выше.

Просадочные формы в лессово-почвенном покрове широко развиты в непосредственной близости от площадки на левобережье Дона. В основном это блюдцеобразные понижения разных размеров и глубиной до 2 м.

Долина Дона асимметрична - правый берег крутой, изрезанный оврагами, а левый относительно пологий, с развитыми двумя террасами и поймой.

На правом крутом склоне долины Дона непосредственно против АЭС широко развиты оползни, образующие бугристый, местами гребнеобразный рельеф (рис. 4). Верхнемеловые отложения сползают по подстилающим их нижнемеловым (барремским) глинам. Развитие оползневого рельефа обусловлено не только геологическим строением правобережья Дона; значительную роль в его образовании играет геодинамическая обстановка этого района.



Рис. 4. Оползневой рельеф на правобережье Дона против АЭС

Региональная новейшая структура

Территория НВАЭС-2 находится в пограничной зоне между двумя крупными основными новейшими структурами Восточно-Европейской платформы — Воронежским сводовым поднятием и Окско-Донским прогибом. Этим структурам соответствуют два блока кристаллического фундамента — западный, относительно поднятый Курский и восточный, относительно опущенный Воронежский [2, 3]. Границей между этими

блоками является древняя долгоживущая Лосевско-Мамонская зона, положение которой неоднозначно трактуется исследователями. Относительно опущенный Воронежский блок на поверхности выражен обширным и протяженным новейшим субмеридиональным Окско-Донским прогибом, в структуре которого выделяется целый ряд положительных и отрицательных структур менее крупного порядка. Одной из таких отрицательных структур является *Кривоборский* прогиб, находящийся в западной части Окско-Донского прогиба.

Исследуемая территория НВАЭС-2 входит в южную часть новейшего Кривоборского прогиба [4, 5, 6, 7 и др.] (эрозионно-тектонического опускания). Прогиб протягивается с севера практически от Рязани на юг до широтной части долины р. Дон в районе г. Лиски более, чем на 300 км. В районе НВАЭС-2 его ширина составляет 20-25 км. В рельефе это ступенчатая равнина с абс. отметками 120-160 м, наложенная на погребенную аллювиальную плиоценовую долину Палео-Дона, перекрытая четвертичными отложениями разного генезиса и прорезанная долинами рек, главными из которых являются Воронеж и Дон. Кривоборский прогиб выполнен преимущественно песками аллювиального генезиса Палео-Дона — кривоборской свии позднеплиоценового возраста, флювиогляциального генезиса ранненеоплейстоценового возраста и аллювиального поздненеоплейстоцен-голоценового аллювия рек Дона и Воронеж. Общая мощность выполняющих прогиб песчаных отложений превышает 90-100 м.

Кривоборский прогиб является западной частью обширного Окско-Донского прогиба. Не касаясь деталей структуры последнего, отметим, что для нее характерны меридиональные продольные зоны локальных эрозионно-тектонических поднятий и сопряженных с ними зон относительных опусканий (одной из которых и является Кривоборский прогиб), с широким развитием меридиональных линеаментов. В целом они представляют собой структуры растяжения, образование которых связывается или с давлением с юга со стороны Кавказа [8, 9, 10], или с глубинными подкоровыми процессами, связанных с подъемом мантийного вещества и его растеканием под смежные Воронежское и Приволжское поднятия [10, 7, 11]. Подтверждением последнего служит известное «утяжеление» восточной части Воронежского массива, а также утонение и другие особенности земной коры под прогибом, выявленные при проведении геофизического профиля «Гранит» [12, 13], а также отраженные на схеме строения земной коры ВЕП [14]. При любой из этих версий меридиональные линеаменты на поверхности и трещины в неогеновых и четвертичных отложениях, в том числе покровных суглинках, будут являться трещинами растяжения, способными проводить

поверхностную воду в более глубокие горизонты, активизируя или вызывая суффозионные процессы.

Кривоборский прогиб, в свою очередь, состоит из локальных тектонических структур разного знака. По данным Г.И. Раскатова [15], Г.И. Раскатова и др. [5], на территории, прилежащей к АЭС, в частности на правобережье Дона, находятся восточные периклинальные окончания крупных *Касторненского* и *Шаталовского* поднятий и разделяющий их прогиб, имеющих северо-западное простирание. Абсолютная высота поднятий 230-240 м. Они развиваются и в настоящее время, влияя на морфологию долины Дона. Она сужена в створе с поднятиями и расширена в пределах разделяющего их прогиба (в районе Ново-Воронежа и устья р. Хворостань). Здесь перед сужениями долина подпружена, что вызывает увеличение мощности аллювия поймы и I террасы.

На левобережье Дона непосредственно на территории АЭС выделены крупное *Боевское* и меньшее *Колодезенское*, отражающие положительные формы фундамента. *Малышевское* поднятие с невыявленной связью с более древними структурами и *Борщевское*, проявленное в мезозойской и палеогеновой структурах [5]. Они имеют в основном субмеридиональную ориентировку. Более детальные характеристики этих структур отсутствуют. Поскольку они отражают блоки фундамента, их еще называют морфотектоническими блоками. Границами между структурами являются неоструктурные линии. На поверхности они подчеркнуты гидросетью, дифференциацией голоценового аллювия, гранулометрическими его характеристиками.

Рост Приволжского поднятия вызывает и в настоящее время перекося Кривоборского прогиба и смещение его к западу на склон Воронежского поднятия. Большой вклад в этот процесс вносят и силы Кориолиса [16]. Здесь западная граница прогиба в современном рельефе совпадает на севере с долиной р. Воронеж, а южнее с долиной Дона. Обе эти долины проявляют зону древнего Семилуки-Липецкого разлома. Территория НВ АЭС фактически находится в зоне этого регионального нарушения.

Из геологического строения исследуемой территории следует, что здесь выделяются два разновозрастных структурных этажа — нижний - архейско-протерозойский, сложенный дислоцированными метаморфическими породами фундамента, и верхний - палеозой-кайнозойский, сложенный полого залегающими отложениями осадочного чехла. Соотношение структур фундамента и чехла исследователями определяется неоднозначно. Если структуры фундамента по геологическим и геофизическим данным являются разновысотными блоками, то относительно структур чехла в мезозойских и новейших плиоцен-четвертичных отложениях мнения расходятся. По одной точке зрения они считаются штамповыми,

пассивно повторяющими блоки фундамент. В этом случае границами между ними являются флексуры, над которыми развиваются зоны трещиноватости, выраженные на поверхности линеаментами, «неоструктурными линиями», в целом определяемыми как области влияния погребенных разломов фундамента [2]. Согласно другой точке зрения практически все структуры чехла, в том числе и новейшие структуры, выраженные на поверхности, трактуются как блоки с разрывными границами, отражающими или совпадающими с разноранговыми блоками фундамента.

Разломы фундамента, линеаменты, геодинамически активные зоны и зоны ВОЗ, присутствующие на многочисленных схемах разных исследователей [2], составленных на территорию НВАЭС-2 и ее окрестности, практически не совпадают друг с другом. Предполагается, что многие представленные разломы являются долгоживущими и активными на современном этапе. К ним, в первую очередь, относятся субширотные Репьево-Лискинский, к которому приурочен широтный отрезок долины Дона в районе г. Лиски, и субмеридиональные — Платавско-Варваринский, проходящий западнее территории АЭС, и Лосевско-Мамонский разлом, хотя относительно активности почти каждого из них мнения противоположные.

Относительно активизации других разломов фундамента в новейшее время существуют разногласия. По многим выделенным разломам не установлено сколь-нибудь значительных разрывных нарушений со смещением в породах осадочного чехла за исключением некоторых из них не только на рассматриваемой территории, но и далеко за ее пределами. Также в кернах буровых скважин и в обнажениях в районе АЭС пока не установлены признаки разрывной тектоники в породах чехла. Однако многие линеаменты отождествляются с разломами фундамента, вследствие чего последние считаются активизированными на новейшем этапе. Для установления активизации таких разломов привлекаются не геологические методы. «По косвенным данным (результаты дешифрирования мелкомасштабных аэрофотоснимков, анализу врезов и контуров девонско-кайнозойских отложений и др.), намечена сеть тектонически ослабленных зон — линеаментов, охватывающих, помимо фундамента, осадочный чехол». Разломы фундамента механически сравниваются с линеаментами, развитыми над этими разломами. Совпадение этих линий или только части их, определяет разлом фундамента как активизированный, или активизированный только на каком-то участке, совпадающем с линеаментом. При этом активизированные разломы фундамента считаются зонами ВОЗ, а соответствующие им линеаменты - геодинамически активными зонами. Такие выводы, не обоснованные фактическим материалом, а только поверхностным сравнением, тем не менее, должны приниматься во внимание и опровергаться или подтверждаться

детальными исследованиями. В последнем случае их необходимо учитывать при всех геологических и инженерно-геологических изысканиях на площадке АЭС.

Анализ линеаментов и разрывных нарушений, развитых в районе АЭС или вблизи нее, и учитывая имеющиеся опубликованные данные, в том числе собственные, позволяют считать меридиональные линеаменты проявляющими напряжения растяжения, характерные, как указывалось выше, в настоящее время для всего Окско-Донского прогиба и, в частности, Кривоборского, в пределах которого находится НВАЭС-2. С этими линеаментами и соответствующей трещиноватостью разновозрастных пород могут быть связаны суффозионные процессы, проявляющиеся на территории НВАЭС-2.

Особо следует остановиться на Семилуки-Липецком (Липецко-Серафимовичском) меридиональном разломе, к которому приурочена современная долина Дона, и выделенного в непосредственной близости от местоположения НАЭС-2. Разлом является границей между новейшими структурами, имеющими различную ориентировку: к западу от него простираются структуры северо-западное, а к востоку, собственно на территории АЭС, субмеридиональное. В зоне этого разлома проявлены современные деформации растяжения, определенные по трещиноватости разновозрастных пород М.Л. Коппом [4]. Он активизирует развитие оползней на правобережье Дона. К зоне этого разлома, по всей вероятности, принадлежит и разрывное нарушение, предположительно проведенное через площадку, с которым связывается опускание грунтовых реперов и крен некоторых сооружений.

Геодинамическая обстановка

Для оценки современной активности Семилуки-Липецкого разлома, а также его влияния на устойчивость сооружений на территории АЭС, был проведен комплекс исследований, включающих как геоморфологический, так и геодинамический анализ территории, непосредственно примыкающей к площадке АЭС (рис. 5). Были замерены многочисленные трещины в верхнемеловых породах (в основном в пясч. мелу) в береговых обрывах в районе посёлков Борщево, Архангельское и Сторожевое-1. Трещины, в основном, субвертикальные, многие из них открытые (рис. 6).

В районе пос. Борщево (т.н. 9-11/19) замеры трещин были выполнены в нескольких разных точках, в карьере и в склоновых обнажениях, которые находятся на высокой поверхности Касторненского поднятия. Предварительный анализ трещиноватости показал, что горизонтальная ось сжатия ориентирована в направлении с юго-запада на северо-восток, а ось растяжения – с севера на юг. При этом растяжение, как и сжатие, субгоризонтально. У с. Архангельское (т.н. 12-13/19) – северо-восточное, субгоризонтальное положение оси главного сжатия и субгоризонтальное, северное поло-

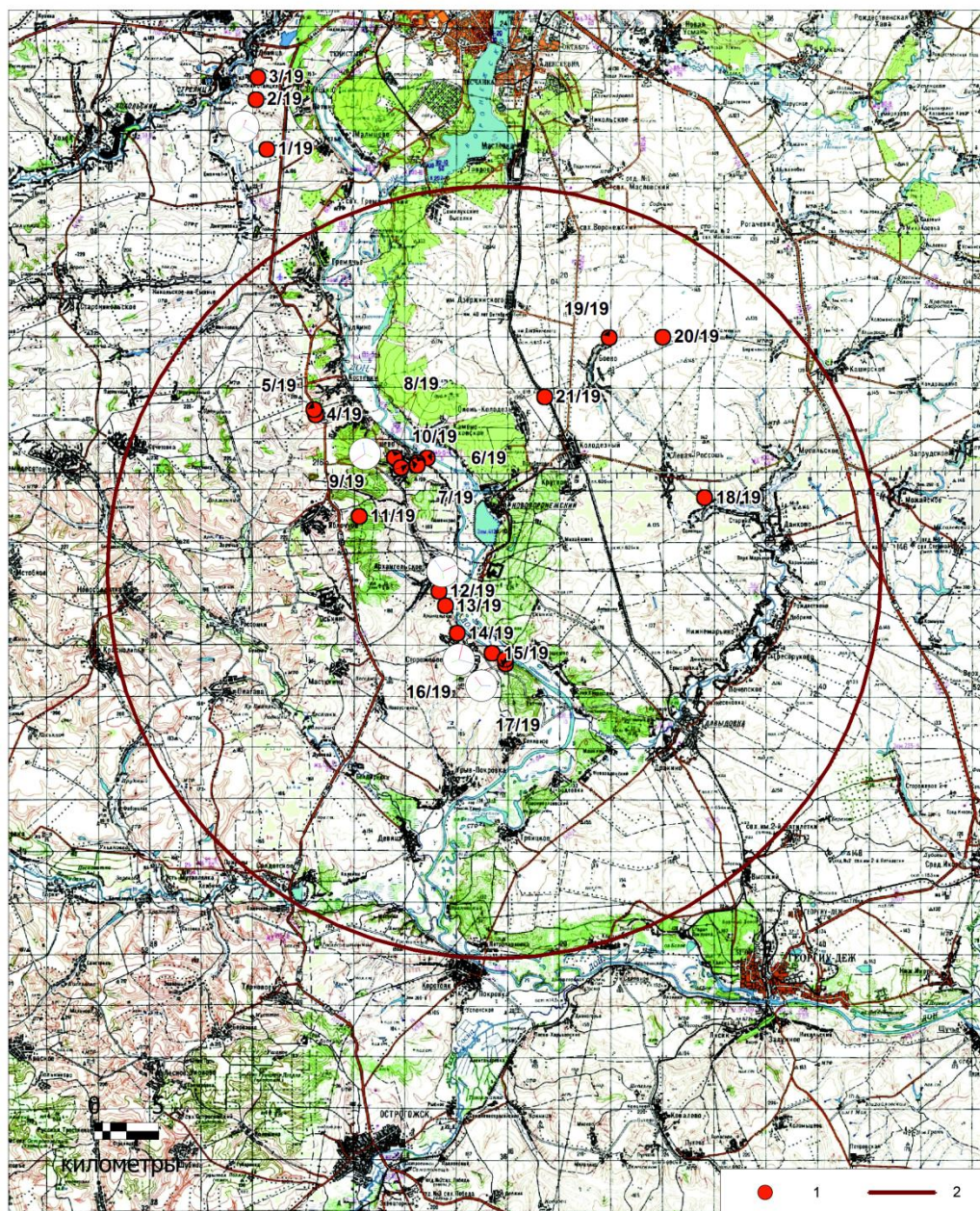


Рис. 5. Карта расположения точек наблюдения в районе АЭС и поля напряжений, восстановленные по замерам трещин на некоторых участках правобережья Дона: 1 – точки наблюдения, 2 – главные оси напряжений (в белых кружках: красные – сжатия, синие – растяжения, зеленые – промежуточные). Большой круг – 30-км зона, прилегающая к месту расположения АЭС

жение оси главного растяжения. Особенности трещиноватости, положение трещин могут свидетельствовать о возможном развитии разломов с право-сдвиговой кинематикой, образовавшимися предположительно в сбросовых обстановках.

Южнее, или ниже по течению Дона, в районе пос. Сторожевое-1 (т.н. 15-17/19) зона разлома отчетливо выражена в виде ожелезненной широкой трещины, уходящей вглубь массива в вертикальном уступе меловых отложений. Такая же зияющая трещина шириной около метра наблюдается еще южнее в этой же меловой толще.



Рис. 6. Трещины в песч. мелу (верхний мел, сантонский ярус)

Здесь восстановлены два поля напряжения, где положения главных осей сжатия имеют субгоризонтальное северное положение с постепенным изменением погружения с севера на юг, а именно с горизонтального положения 6° к 30° . Положение осей главного растяжения восточное, субгоризонтальное с аналогичным изменением погружения. Предположительно, геодинамический тип формирования этого участка комплексный – сдвиговый, постепенно переходящий в сбросо-сдвиговый.

Сбросово-сдвиговый характер Семилуки-Липецкого разрывного нарушения отчасти подтвержден морфологией долины р. Дона. Вдоль всего высокого берега развиты оползневые образования (см. рис. 4). Плоскости их смещений имеют фасетный рисунок (рис. 7), характерный для сбросовых перемещений. Оползневые валы и гряды образуют кулисный ряд, соответствующий правостороннему сдвигу, образованному в обстановках сброса.

В долине Дона выделяются участки расширения, с ровной поверхностью высокой поймы, развитой на обоих берегах. Здесь же отмечается увеличение мощности аллювиальных отложений. Эти расширения долины, могут интерпретироваться, вслед за М.Л. Коппом [8], как пулл-апартовые грабены в зоне правого сдвига.

Требуется более детальное изучение сделанных замеров трещин.



Рис. 7. Фасеты – плоскости смещения оползней и сбросовых перемещений

Заключение

Таким образом, геологическое строение и современная геодинамическая обстановка территории НВ АЭС-2 могут объяснить некоторые негативные процессы, происходящие в настоящее время. Среди отложений, слагающих приповерхностную часть территории, и являющихся основанием площадки, широко развита песчаная толща значительной мощности и разного возраста – от плиоцена до голоцена включительно. Пески не перекрыты лёссовыми отложениями, выходят на поверхность и проводят атмосферную воду вглубь толщи. В основании песков залегают глины барремского яруса нижнего мела или известняки верхнецигровского горизонта верхнего девона. Глины являются водоупором, вследствие чего пески в целом влажные, а в нижней части насыщенные водой. Поверхность известняков неровная трещиноватая закарстованная, способная проводить воду в трещины и пустоты. Это ведет к развитию суффозии, образованию просадочных форм на поверхности песков и к нарушению устойчивости территории. Геодинамическая обстановка, обусловленная влиянием Семилуки-Липецкого разлома, и характеризующаяся сбросовыми напряжениями, способствует образованию повышенной трещиноватости и связанных с ней суффозионных и карстовых процессов. Весь комплекс геологических и геодинамических условий является возможной причиной проявленных негативных процессов.

Список литературы

1. Геологическая карта СССР масштаба 1: 200 000. Серия Брянско-Воронежская. Лист М-37-Х. Объяснит. записка. Составитель: Бородин Н.Г. Ред. Туголесов Д.А. М.: Недра, 1969. 51 с.
2. *Трегуб А.И.* Неотектоника территории Воронежского кристаллического массива // Тр. научно-исслед ин-та геологии Воронежского гос. ун-та. 2002. Вып. 9. 220 с.
3. Литосфера Воронежского кристаллического массива по геофизическим и петрофизическим данным. Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2012. 330 с.
4. *Холмовой Г.В.* О развитии плиоценовой и раннеплейстоценовой гидрографической сети в бассейне Верхнего Дона // Бюлл. комис. по изуч четвертич. периода. 1974. № 42. С. 39-98.
5. Тектоника восточной части Воронежского кристаллического массива и его осадочного чехла // Под ред. Г.И. Раскатова. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1976. 126 с.
6. *Трегуб А.И.* Разрывные нарушения в фундаменте и осадочном чехле территории Воронежского кристаллического массива (ВКМ) // Вестник ВГУ. 2000. Геология. Вып. 3 (10). С. 7-15.
7. *Макарова Н.В., Макаров В.И., Корчуганова Н.И., Соколовский А.К., Суханова Т.В.* Окско-Донской прогиб — современная геодинамическая зона Восточно-Европейской платформы // Изв. Вузов. Геология и разведка. 2002. № 2. С. 3-13.
8. *Копн М.Л.* Кинематика новейшей структуры и сейсмичность Окско-Донского миоцен-четвертичного прогиба // Докл. РАН. 2002. Т. 385. № 3. С. 387-392.
9. *Копн М.Л.* Окско-Донской новейший прогиб. Мобилистская неотектоника платформ Юго-Восточной Европы / Отв. ред. Ю.Г. Леонов. М.: Наука, 2004. (Тр. ГИН РАН. Вып. 552. С. 190-237
10. *Макаров В.И.* Окско-Донской прогиб: структура, условия и история формирования // Матер. междунар. конф. «Современная геодинамика, глубинное строение и сейсмичность платформенных территорий и сопредельных регионов». Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та. 2001. С. 113-115.
11. Новейшая тектоника и геодинамика: обл. сочленения Вост.-Европ. Платформы и Скифской плиты. М.: Наука, 2006. 206 с.
12. *Соколов В.Б.* Новая геодинамическая модель внутриплитной тектоники // Современные геодинамика, глубинное строение и сейсмичность платформенных территорий и сопряженных регионов // Материалы Междунар конф. Воронеж, 2001.

13. Геотраверс «Гранит»: Восточно-Европейская платформа-Урал_Западная Сибирь (Строение земной коры по результатам комплексных геолого-геофизических исследований) / Под ред. С.Н. Кашубина. Екатеринбург, 2002. 312 с.
14. *Краснопевцева Г.В., Щукин Ю.К.* Объемная глубинная модель земной коры Восточно-Европейской платформы по данным региональных сейсмических исследований // Регион. геология и металлогения. 2000. № 10. С. 73-84.
15. *Раскатов Г.И.* Геоморфология и неотектоника территории Воронежской антеклизы. Изд. Воронежск. Ун-та. 1964. 164 с.
16. *Макарова Н.В., Макаров В.И., Суханова Т.В.* О соотношении эрозионных и тектонических процессов в платформенных и горных условиях // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2008. № 5. С. 4-11.