

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Микляева П.С.  
“Научные основы оценки потенциальной радоноопасности платформенных территорий”  
по специальности 25.00.36 – геоэкология на соискание ученой степени доктора геолого-  
минералогических наук

### **Актуальность**

Исследования структуры и переноса радонового поля в зависимости от литолого-структурных и геодинамических особенностей, физических свойств приповерхностных слоев горных пород, а также влияния метеорологических факторов являются первостепенными не только для оценки потенциальной радоноопасности территорий, но и для целей геологоразведки (поиски урановых и других типов месторождений, структурное картирование) и решения проблем геодинамики (прогноз землетрясений, горных ударов, оценка оползневой и карстовой опасности). Учитывая изложенное, считаю, что оппонируемая работа имеет наивысшую степень актуальности.

### **Степень обоснованности научных положений**

Защищаются четыре научных положения. Все они обоснованы результатами анализа многолетних экспериментальных данных и теоретическими расчетами, выполненными непосредственно автором диссертации. Однако не всегда сделанные автором выводы основаны на статистически значимых выборках экспериментальных данных. Так, обоснование первого защищаемого положения, утверждающего отсутствие связи коэффициента эманирования с влажностью пород, сделано на основе анализа лишь 9 образцов, но полученные данные совпали с результатами ранее проведенных исследований (раздел 2.2). Обоснование независимости коэффициента эманирования от температуры выполнено в результате исследований только 4 образцов (раздел 2.3). Указанные исследования были выполнены в лабораторных условиях, для которых не определены критерии физического моделирования, поэтому полученные зависимости могут отличаться от таковых в природных условиях.

Вывод по части первого защищаемого положения, в которой утверждается, что коэффициент эманирования дисперсных грунтов определяется соотношением размеров твердой матрицы и порового пространства, был получен по результатам изучения 141 образца и поэтому достоверно обоснован (раздел 2.4).

Основой второго защищаемого положения являются выводы, полученные в результате анализа полевых измерений плотности потока радона с земной поверхности и объемной активности подпочвенного радона на разных глубинах и данных синхронных и совмещенных в пространстве измерений метеофакторов, а также влажности и температуры грунтов на разных глубинах. Эти измерения были выполнены на 4-х экспериментальных площадках, расположенных в различных частях Восточно-Европейской платформы, в течение от нескольких лет до нескольких месяцев. Учитывая, что на каждой площадке измерения проводились на 20 точках и не менее 4-х раз в месяц, статистическая выборка для анализа исчисляется тысячами данных, что вполне достаточно для того, чтобы сделать правильные выводы. Однако, полученные в лабораторных условиях результаты о величине объемной активности радона, которая использовалась для вычисления плотности потока радона, не были исправлены за температурное изменение коэффициента сорбции активированного угля. Этот коэффициент квазиэкспоненциально зависит от температуры. Неучет этого факта приводит к разбросу данных о величине плотности потока радона, исчисляемому десятками до многих сотен процентов. Этот эффект известен и автору диссертации. На странице 86 он пишет, что “уже при комнатной температуре (23° С) активность радона за счет его десорбции (опп. - с активированного угля) падает в 3 – 4 раза” по отношению к

активности радона при минус  $10^{\circ}$  С. Но поправки за этот эффект не вводились. Отсутствие этих поправок может быть оправдано в определенной степени для выводов, которые были сделаны в результате осреднения данных по всей экспериментальной площадке за длительный временной интервал, например, использования средних объемных активностей подпочвенного радона и плотности потока радона для математического моделирования переноса радона в грунтах (глава 4). Автору диссертации необходимо было выполнить количественные расчеты погрешностей измерений с поправкой и без поправки за влияние температуры на коэффициент сорбции активированного угля. Хуже обстоит дело с обнаруженными автором работы закономерностями пространственного распределения плотности потока радона на территории Москвы по данным измерений на более чем 1000 участках в разное время года в течение нескольких лет (третье защищаемое положение, глава 5). Было выполнено только пространственное осреднение по всем точкам измерения в пределах каждого участка, но каждый участок обрабатывался при разных температурах атмосферного воздуха, что изменяло коэффициент сорбции активированного угля и вносило неучтенные погрешности, достигающие многих сотен процентов, в определение плотности потока радона.

Результаты исследований доведены до широкого круга профессионалов путем публикации 70 научных работ и обсуждений на многочисленных международных и всероссийских конференциях, совещаниях и семинарах и признаны научной общественностью.

#### **Достоверность и новизна исследований**

Достоверность результатов исследований обеспечивается соответствующими погрешностями измерений параметров радонового поля и, самое главное, соответствием отдельных выводов, сделанных в работе, ранее полученным результатам других исследователей. Так, в главе 3, раздел 3.4.2, на основе анализа синхронных и совмещенных в пространстве измерений плотности потока радона и объемной активности радона на разных глубинах, соискатель обнаружил обратно пропорциональную зависимость между величинами потока радона и подземной активностью радона в отличие от общепринятой (теоретической и экспериментальной) прямо пропорциональной. Достоверность этой обратной зависимости подтверждается тем, что она была получена на всех четырех экспериментальных площадках разными операторами, использующими разные комплекты измерительной аппаратуры. Более того, обращенная параболическая зависимость плотности потока радона с земной поверхности от величины объемной активности подпочвенного радона была впервые выявлена оппонентом в 2009 году (Бондаренко В.М. и др. Изв. Вузов. Геол. и разв. 2009. № 6. С. 54-59). Было установлено, что при относительно больших ОА радона происходит самоторможение его атомов в поровом пространстве и прямая зависимость между ОА и ППР радона трансформируется в обратную.

Полученная автором работы зависимость величины плотности потока радона от длительности земных суток (изменения величины центробежной силы) совпадают с результатами, опубликованными оппонентом еще в 1995 году в виде корреляционной связи между длительностью земных суток и объемной активностью подпочвенного радона (Анохин И.Н., Бондаренко В.М. Изв. Вузов. Геол. и разв. 1995. № 3. С. 112-118).

Научная новизна диссертационной работы сконцентрирована в защищаемых положениях. Так, в первом защищаемом положении автор работы в качестве научной новизны выдвигает свои исследования в области эманирования дисперсных грунтов. Ранее (Новиков Г.Ф. Радиометрическая разведка. Недра. 1980. 407 с.) влияние дисперсности пород на коэффициент эманирования исследовалось путем механического дробления образца породы, что не привело к пониманию указанной зависимости. Соискатель показал, что этот коэффициент определяется микроструктурой породы, т.е. соотношением размеров частиц и пор и величиной пробега атомов радона. Вторая часть

первого защищаемого положения о том, что эманирование не зависит от влажности пород, не несет научной новизны, так как подобные выводы были получены Новиковым Г.Ф. еще в 1980 году. В качестве замечания можно отметить следующее. Соискатель под термином коэффициент эманирования понимает отношение количества свободного радона, способного к перемещению в горных породах, т.е. содержащегося в газовой и жидкой фазах, к общему радону, находящемуся, в том числе, и в твердой фазе. Но во всех экспериментальных исследованиях величины плотности потока радона и объемной активности подпочвенного радона использовались технологии, в которых предусматривалось определение концентрации радона лишь в газовой фазе. Возникает вопрос, как удалось получить неплохую сходимость экспериментальных и расчетных данных, по результатам математического моделирования с использованием полученной информации о коэффициенте эманирования. Ответ прост – это достигнуто путем подбора величин коэффициента диффузии и конвективной скорости переноса радона в породах, которые не определялись, а приблизительно соответствовали литературным данным.

Экспериментальные исследования синхронных и совмещенных в пространстве измерений плотности потока радона с земной поверхности и объемной активности радона на разных глубинах под землей, а также математическое моделирование переноса радона в приповерхностных слоях горных пород лежат в основе научной новизны второго защищаемого положения. Результаты этих работ трудно переоценить, так как они дают понимание, при каких глубинах заложения фундамента наземного сооружения можно судить о степени радоноопасности, измеряя плотность потока радона в пределах строительной площадки. Автор работы обоснованно доказал, что поток радона с земной поверхности формируется слоем пород мощностью 1,5 – 3,0 м. Следовательно, если проектная глубина заложения фундамента превышает указанные величины, необходимо использовать другие технологии для оценки радоноопасности территории строительства. Такие технологии соискатель предлагает в последующих разделах диссертации и защищаемых положениях.

Научную новизну третьего защищаемого положения автор работы видит в том, что он предложил разделять поле плотности потока радона на фоновую и аномальную составляющие. Оппонент не согласен с мнением соискателя, так как все исследователи, занимающиеся изучением поля радона, давно научились выделять аномальные составляющие объемной активности радона не только вдоль активных линейных элементов, но и карста, оползневых тел и техногенных объектов (Демин Н.В., Христич В.А. Структурно-геодинамическое картирование радон-тороновым. В кн. Новые методы инженерной геофизики. Недра. 1983. 223 с., Макаров В.И., Бондаренко В.М. и др. Геоэкология. 2003. №2. С.139-152). Более того, при исследованиях динамических процессов, например, подготовки землетрясений, аномальная составляющая радонового поля, кроме амплитудного увеличения объемной активности, выделялась путем сравнения синхронного мониторинга поля радона в геодинамически активной зоне и ненарушенном блоке пород (Бондаренко В.М. и др. 34-й Междунар. Геофиз симп. Будапешт. 1989. С. 45-47., Рудаков В.П. Эманационный мониторинг геосред и процессов. М. Научный мир. 2009. 176 с.). Заслуживает внимания визуально отмеченный источник аномалий радона, обусловленных высокочастотной составляющей нутации земной оси. К сожалению, кроме визуальной корреляции автор не приводит других доводов для доказательства зависимости величины плотности потока радона от периода нутации. Более того, если сравнить визуальные корреляционные связи между величиной плотности потока радона и длительностью земных суток и того же параметра радонового поля с периодом нутации земной оси (рис. 31 и рис. 59), получаются примерно одинаковые временные интервалы, на которых происходит относительное возрастание или уменьшение потока радона. Таким образом, появляется неоднозначность толкования первопричин возникновения радоновых аномалий. Научная новизна третьего защищаемого положения заключается в применении соискателем радий-свинцового метода, предложенного в

работах (Титаева 2000, 2005 и др.), для определения участков с аномальными потоками глубинного радона по соотношению активностей свинца и радия.

В четвертом защищаемом положении соискатель обосновывает принципы оценки потенциальной радоноопасности платформенных территорий по величине содержания радия в породах и наличия геодинамически активных зон в отличие от принятых в настоящее время критериев, основанных на величине плотности потока радона с земной поверхности. Оппонент считает предложенный подход к ранжированию территорий по совокупности величины плотности потока и удельной активности радия наиболее удачным, даже можно назвать пионерским, достижением автора работы. Однако, оппонент, в качестве пожелания предлагает радоноопасность оценивать не в беккерелях, а в единицах эффективной дозы ионизирующего излучения, например, в мЗв.

### **Значимость для науки и практики**

Значимость экспериментальных и теоретических исследований автора диссертации для науки определяется следующими достижениями:

- глубоким обоснованием процесса эманирования пород, главным образом, за счет тщательного анализа влияния структурной дисперсности геологических отложений на этот процесс;

- впервые установлено, что плотность потока радона с земной поверхности формируется полем радона в приповерхностных грунтах мощностью 1,5 – 3,0 м и испытывает высокоамплитудные временные и пространственные вариации;

- продолжением создания основ изучения влияния глобальных факторов (угловой скорости вращения Земли, деформаций горного массива, возникающих при подготовке землетрясений) на формирование аномальной составляющей радонового поля, начатых другими исследователями. В частности, автором впервые выявлена корреляционная зависимость между нутацией земной оси, количеством и энергией землетрясений и величиной плотности потока радона;

- впервые сформулированы количественные фоновые и аномальные критерии оценки потенциальной радоноопасности исследуемых территорий.

Значимость оппонируемой работы для практики состоит в том, что автор диссертации на основе своих исследований сформулировал важные разделы в различные нормативно-методические документы, что позволяет рационально и надежно оценивать радоноопасность территорий.

### **Рекомендации по использованию достижений, полученных в диссертации**

В диссертации решена крупная проблема, связанная не только с обоснованным и надежным установлением степени радоноопасности территорий под строительство наземных и подземных обитаемых сооружений. Результаты исследований могут быть использованы для разработки геодинамических процессов (землетрясений, оползней, карстовых явлений высокоточной радоновой съемки для целей геологоразведки и прогноза).

В целом диссертация является завершенной работой, в которой с позиций системного подхода решается проблема оценки степени радоноопасности строительных площадок на территории Восточно-Европейской платформы, что полностью отражается в содержании диссертационной работы. Рекомендую опубликовать диссертацию в виде монографии после учета замечаний оппонентов.

Автореферат и опубликованные научные работы отражают основное содержание диссертации.

Диссертация Микляева П.С. является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические и практические положения, совокупность которых можно квалифицировать как решение научной проблемы, имеющей важное хозяйственное значение. Диссертация Микляева

П.С. соответствует п. 9 “Положения о порядке присуждения ученых степеней”, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013, №842, и ее автор заслуживает присуждения искомой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.36 – геозкология.

Официальный оппонент, *В.М. Бондаренко* В.М.Бондаренко  
15.07.2015  
доктор технических наук по специальности 04.00.12 – геофизические методы поисков и разведки полезных ископаемых, профессор,  
профессор кафедры геофизики Российского государственного геологоразведочного университета имени Серго Орджоникидзе,  
119146, Москва, Фрунзенская наб. 36, кв. 330,  
Тел.8.916.674.19.77, e-mail: bonvladimir@yandex.ru

*Пожмие руки  
Бондаренко В.М. за внесено  
и.о. директора Департамента  
кадрового и кадрового обеспечения  
РГГУ им. Серго Орджоникидзе*

