

Введение. Горелые породы, иногда называемые «горелики» или «глиежи» - аббревиатура от «глины естественно жжённые», широко используются в строительной индустрии в основных регионах, где расположены угольные и сланцевые месторождения[1-6]. Их разрабатывают специально, или получают как побочный продукт угледобычи. Обычно глиежи применяют в качестве, вяжущих и наполнителей бетонов различного назначения[7-11], при изготовлении строительных блоков и панелей[12-18], в декоративных покрытиях и ювелирных изделиях [19-20], а также для подсыпок при формировании дорожных одежд[21-26]. Уже сама широта области возможного применения горелых пород свидетельствует о многообразии их физико-химических и механических свойств. Обобщая данные о горелых породах, содержащихся в справочных изданиях, нейросеть Яндекс выдает следующую формулировку для определения горелых пород. «Горелые породы — это термально изменённые осадочные породы, возникшие в результате подземных пожаров углей или при горении терриконов. Состав и свойства горелых пород изменчивы и зависят от состава исходных пород и степени их обжига. В зависимости от температуры обжига изменение пород проявляется в покраснении, ошлаковании и полном переплавлении. Характерные минеральные новообразования: муллит, кордиерит, волластонит. Оксиды железа восстанавливаются до магнитного железняка, а иногда до природного чугуна. Наибольшую промышленную ценность имеют средне обожжённые первоначально глинистые породы (глиежи), обладающие высокой активностью. Они используются в цементной промышленности, для производства вяжущих гидравлического и автоклавного твердения, шлакоситаллов, в качестве наполнителей и минеральных порошков для асфальтобетона. Песчаные горелые породы применяются в дорожном строительстве в качестве основания дорожных покрытий». Обычно, в дорожном строительстве горелые породы применяют для устройства подстилающих слоёв и оснований дорог. Качественные заполнители из горелых пород можно использовать во всех конструктивных слоях автодорог, включая дорожные одежды [24,25]. Авторы этих работ отмечают главные преимущества применения щебня из горелых пород: благодаря лёгкой уплотняемости и цементирующей способности пылевидной фракции достигается плотная упаковка зёрен заполнителя и создаётся монолитная конструкция повышенной прочности и устойчивости; устроенные из горелых пород основания имеют прочность, достаточную для возведения вышележащих слоёв дорожной одежды.

В то же время многие исследователи отмечают ряд сложностей при использовании горелых пород в строительстве. Если снова обратиться к искусственному интеллекту, то

он выдает следующую, обобщающую мнение инженерного и научного сообщества формулировку. «Применение горелых пород в строительстве сопряжено с рядом специфических аспектов, требующих детального рассмотрения и анализа. Основные из них включают:

1. Радиоактивность. Как было отмечено, некоторые горелые породы могут содержать радиоактивные элементы. Перед их использованием необходимо провести измерения уровня радиоактивности с целью соблюдения нормативных требований по радиационной безопасности.

2. Химический состав. Горелые породы могут включать различные химические элементы, которые существенно влияют на их физико-механические свойства и пригодность для строительных целей. Проведение анализа химического состава является обязательным этапом, необходимым для корректного выбора материала.

3. Прочность и долговечность. Прочностные характеристики горелых пород зависят от условий горения и других факторов. Испытания на прочность и долговечность позволяют оценить их эксплуатационные свойства и определить допустимые области применения.

3. Эстетические характеристики. Внешний вид и текстура горелых пород могут придавать уникальность архитектурным решениям. Однако наличие пятен, трещин и других дефектов может снизить эстетическую привлекательность материала.

4. Совместимость с другими материалами. Некоторые горелые породы могут проявлять несовместимость с другими строительными материалами, что требует учета при планировании строительных работ.

5. Экономическая целесообразность. Горелые породы могут быть более экономичными по сравнению с альтернативными материалами, однако необходимо учитывать все затраты, связанные с их использованием, включая расходы на проведение анализов и испытаний.

6. Экологичность. В составе горелых пород могут присутствовать токсичные элементы, способные оказывать негативное воздействие на окружающую среду и здоровье человека. Проведение экологического анализа является важным этапом, направленным на минимизацию экологических рисков.

7. Соответствие нормативным требованиям. Использование горелых пород должно соответствовать действующим строительным нормам и стандартам. Необходимо учитывать все требования, связанные с применением данных материалов, для обеспечения безопасности и надежности строительных конструкций.

Применение горелых пород в строительстве может быть перспективным решением, но требует тщательного научного обоснования и подготовки. Проведение всех необходимых исследований и анализов перед принятием решения о применении данных материалов является обязательным условием для обеспечения качества и безопасности строительных проектов». Отметим, что на первое место нейросеть ставит радиоактивную опасность использования горелых пород и с эти трудно не согласиться. В то же время, анализ

литературных источников показал, что этой проблеме уделяется недостаточно внимания. В основном, исследователи сосредотачиваются на простом определении радиационных показателей и сравнении их с допустимыми нормативными значениями [27-33]. Хотя, на наш взгляд, многие элементы неопределенности, влияющие на безопасность использования горелых пород в дорожном строительстве, заложены в самих нормативных документах.

Целью представленных исследований была оценка объективности экологической безопасности использования горелых пород в дорожном строительстве с позиции их радиоактивности и соответствия действующих нормативных документов практическим реалиям.

Радиационная безопасность персонала, населения и окружающей среды считается обеспеченной, если соблюдаются основные принципы радиационной безопасности (обоснование, оптимизация, нормирование) и требования радиационной защиты, установленные Федеральным законом от 09.01.1996 г. N 3-ФЗ "О радиационной безопасности населения", нормами РБ-99/2009 и действующими санитарными правилами. Федеральный закон от 9 января 1996 г. № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения» (Дата редакции: 18 марта 2023) определяет правовые основы обеспечения радиационной безопасности населения в целях охраны его здоровья. Радиационная безопасность населения определяется как состояние защищённости настоящего и будущего поколений людей от вредного для их здоровья воздействия ионизирующего излучения. Закон устанавливает:

- перечень мероприятий по обеспечению радиационной безопасности;
- разграничение полномочий РФ и субъектов РФ в области обеспечения радиационной безопасности;
- основные гигиенические нормативы (допустимые пределы доз) облучения на территории РФ в результате использования источников ионизирующего излучения;
- мероприятия по обеспечению радиационной безопасности при воздействии природных радионуклидов, при производстве пищевых продуктов и при потреблении питьевой воды, проведении медицинских рентгенорадиологических процедур.

Также закон декларирует право граждан на радиационную безопасность и на получение объективной информации о радиационной обстановке в соответствии с санитарными нормами и правилами. Действующими в настоящее время нормами являются СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)», которые утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ

от 07.07.2009 N47 СанПиН от 07.07.2009 N2.6.1.2523-09.(Далее именуемые «Нормами»). Опираясь на эти нормативные документы, проведем анализ возможного негативного влияния горелых пород на человека и окружающую среду при использовании в дорожном строительстве.

Основные радиоактивные изотопы, встречающиеся в горных породах Земли и, соответственно, строительных материалах, к которым относятся горелые породы - это калий-40, рубидий-87 и члены двух основных радиоактивных семейств, берущих начало соответственно от урана-238 и тория-232. Под семейством здесь понимается ряд промежуточных продуктов распада этих двух элементов. С точки зрения радиоактивной безопасности для человека, помимо упомянутых выше элементов, представляют также интерес цезий-137 и стронций-90. При сохранении химических свойств аналогичных таковым стабильного изотопа данные элементы могут принимать участие в образовании тканей живых организмов, замещая в них кальций и, таким образом, становятся практически вечными внутренними источниками облучения человека.

Соотношение различных видов излучения в горных породах зависит от соотношения в них радиоактивных изотопов. В радиоактивных семействах урана и тория превращение одного нуклида в другой происходит в подавляющем большинстве переходов в результате альфа- или бета-распада. Многие из актов распада сопровождаются гамма-излучением. Причем наиболее мощный импульс гамма-излучения возникает при изомерном переходе ядер. Однако во всех известных рядах подобный изомерный переход наблюдается только для Pa-234 в ряду уран-238 - свинец-206.

Калий-40 не входит в обсуждавшиеся выше ряды. Это первичный радионуклид, образовавшийся одновременно с другими элементами Земли. Распадается он двумя путями: 88% атомов калия-40 в результате бета-распада (бета-излучение) преобразуются в стабильный кальций-40; 12% - путем К-захвата превращаются в метастабильный аргон-40, который после испускания гамма-кванта (гамма-излучение) переходит в основное состояние.

Приведенные выше данные свидетельствуют о том, что в природных процессах суммарное альфа- и бета- излучение должно значительно превышать количество гамма-квантов. Причем эта разница увеличивается также и за счет явлений внутренней конверсии, когда гамма-кванты (гамма-излучение) поглощаются электронными оболочками ядер, которые сбрасывают избыточную энергию или в виде характеристического рентгеновского излучения или в виде электронов (бета-излучение).

Известно, что горелые породы могут содержать повышенные содержания радионуклидов семейства урана-238, тория-232, а также калия-40. Уровень концентрации

этих элементов в различных областях массивов глиежей очень сильно различается, что связано с комплексом геологических, структурных, гидрогеологических, физических, химических, гидрологических и других факторов. В результате особенностей протекания геологических процессов уровень концентрации этих элементов в различных участках глиежей очень неоднороден. Могут встречаться участки с чрезвычайно повышенными концентрациями радионуклидов, сопоставимых с концентрациями в урановых рудах. В то же время, присутствуют объемы пород, в которых содержание радионуклидов не превышает стандартные содержания для наиболее распространенных типов геологических пород. Неоднородность распределения радионуклидов в горелых породах регулируется, в первую очередь, динамикой перераспределения газообразных продуктов горения углей и, соответственно, текстурно-структурными особенностями перекрывающих горящие угли пород.. Опыт предыдущих исследований и общие геологические закономерности позволяют предположить, что масштаб неоднородности концентрации радиоактивных элементов в глиежах может колебаться от первых десятков метров до нескольких десятков километров.

Таким образом в самом общем плане горелые породы могут представлять радиологическую опасность для человека на следующих основных этапах:

1. На стадии подготовки и разработки карьера или подземной выработки.

На данной стадии основную опасность представляет пыль, образующаяся в результате работ. Содержащиеся в частицах пыли радионуклиды являются источником ионизирующего излучения, влияющего на все тело, кожу, хрусталики глаз и легкие, в которые частицы пыли проникают в процессе дыхания.

В соответствии с Нормами при расчете влияния корпускулярного ионизирующего излучения (альфа и бета) базовой площадью человеческого тела для расчета их влияния на человеческий организм принимается 300 кв. см, т.е. по сути, площадь открытых участков тела лица и кистей рук. На остальной площади тела считается, по-видимому, что корпускулярное излучение поглощается одеждой. В случае, если одежда действительно является пылезащитной, данное заключение справедливо. В воздухе при нормальных условиях (760 мм ртутного столба) длина пробега (проникающая способность), например, альфа-частиц, образующихся при распаде урана-238, составляет 2,64 см (22%) и 2,685 см (78%), для тория-232 – 2,436 см (20%) и 2,503 см (80%), для радия-226 – 3,083 см (5,7%) и 3,274 см (94,3%), радона-222 – 4,036 см. Длина пробега альфа-частиц в воздухе во многом зависит от их энергии. Однако из приведенных данных ясно, что это сокрушительное по своей ионизирующей способности излучение практически безопасно, если отсутствует прямой контакт с биологическими тканями человеческого организма. В то же время

становится очевидным, что наибольшую опасность данное излучение представляет при попадании зараженных радионуклидами пылевых частиц в верхние дыхательные пути и легкие человека, где ионизирующая способность корпускулярного излучения проявляется максимально и в наиболее неблагоприятных для биологических тканей контакте.

В Нормах предусматриваются также нормативы по условиям и возможности поступления радионуклидов в кровь и, соответственно, внутренние органы человека через легкие и пищеварительный тракт. Вопрос о форме нахождения радионуклидов в горелых породах в настоящее время абсолютно не изучен. В зависимости от структурного состояния и химического состава горных пород, подвергшихся в результате горения угольных пластов обжигу и обогащению радионуклидами, и химических свойств радиоизотопов последние могут образовывать химические соединения, легко растворимые в кислой среде желудочного тракта, например карбонаты, оксиды, гидроксиды, фториды. В то же время могут формироваться силикатные стекла и минералы, которые могут быть практически нерастворимы даже в пищеварительном тракте, не говоря уже о легких. Естественно, вопрос о форме вхождения радиоизотопов в горелые породы, и соответственно возможности их поглощения живыми тканями, требует проведения очень сложных и дорогостоящих исследований в течение длительного периода времени и на разнообразных объектах. В связи с этим в дальнейшем данная проблема нами рассматриваться не будет.

В соответствии с действующими нормативами по данному пункту возникает несколько проблем, основными из которых являются:

- выяснение вопроса о реальном содержании различных радионуклидов в исследуемых горелых породах и, соответственно, степени их радиологического воздействия на человека;
- отнесение рабочих карьера или горной выработки к определенной нормативной категории облучаемых лиц (персонал или население).

Что касается второго вопроса, то ответ здесь очевиден – в силу того, что разработка горелых пород включается в сферу их производственной деятельности рабочие относятся к персоналу группы А. Это не праздный вопрос, т.к. в зависимости от категории облучаемых лиц, согласно Норм, в значительной степени изменяются пределы эффективной и эквивалентной доз.

1. На стадии отгрузки и транспортировки глиежей.

На данных этапах все занятые на работах специалисты также относятся к персоналу. В зависимости от типа работ, например герметичности кабин машин или погрузочных механизмов, персонал может относиться как к группе А, так и группе Б.

2. На стадии разработки карьера все работники относятся к группе А.

На этапе обработки сырья (дробление на фракции, рассев на фракции, получение товарной продукции и т.п.) работники относятся к группе А.

3. На стадии строительства автодороги (отсыпка земляного полотна, укладка дорожного покрытия или теплоизоляционных слоев, производство асфальто- и цементобетонов).

Все рабочие, занятые в технологических процессах, связанных со строительством автодорог, относятся к персоналу (группа А).

4. На стадии эксплуатации дороги.

На данной стадии воздействию ионизирующего излучения, исходящего из пылевых частиц, подвергаются абсолютно все люди, проходящие или проезжающие по дороге. В то же время это воздействие находится вне сферы их производственной деятельности и, соответственно, пределы эффективной и эквивалентной доз для них соответствуют таковым для населения.

На всех стадиях ионизирующая радиация при воздействии на организм человека может вызвать два вида эффектов, которые клинической медициной относятся к болезням: детерминированные (вычисляемые) пороговые эффекты (лучевая болезнь, лучевой дерматит, лучевая катаракта, лучевое бесплодие, аномалии развития плода и др.) и стохастические (вероятностные) беспороговые эффекты (злокачественные опухоли, лейкозы. Наследственные болезни). Вероятность возникновения подобных заболеваний зависит от воздействия определенного вида излучения на конкретную ткань человека в течении времени. Поэтому Нормами предусматриваются определенные коэффициенты, учитывающие относительную эффективность различных видов облучения в индуцировании биологических эффектов (R) и множители эквивалентной дозы, учитывающие чувствительность различных органов и тканей к излучению ($W(T)$).

Так, например, для гамма-излучения коэффициент R равен 1. Для бета-излучения – 1, а для альфа-излучения – 20. Таким образом, альфа-излучение по индуцированию биологических эффектов в двадцать раз опасней гамма- и бета-излучений.

В тоже время чувствительность органов и тканей организма в возникновении стохастических эффектов радиации максимальна для гланд, $W(T)$ которых составляет 0,2. Множитель эквивалентной дозы для легких равен 0,12, а кожи – 0,01.

Приведенные выше коэффициенты применяются при расчете эффективной и эквивалентной доз облучения, являющихся одними из основных контролируемых параметров Норм.

Эффективная доза – это величина, используемая как мера риска возникновения отдельных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учетом их радиочувствительности. Она представляет из себя сумму произведений эквивалентной дозы в органах и тканях на соответствующие взвешивающие коэффициенты ($W(T)$). Эквивалентная доза, в свою очередь, рассчитывается исходя из величины энергии, переданной органу или ткани (поглощенная доза), умноженной на взвешивающий коэффициент R .

Эквивалентная доза или эффективная доза, ожидаемая при внутреннем облучении, – это доза полученная организмом за определенный промежуток времени, при условии, что радионуклиды попали внутрь организма.

Эти разновидности доз облучения измеряются специальной единицей – зивертом (Зв).

Следует заметить, что проведение достаточно сложных расчетов по радиационной безопасности и мероприятий ограничению облучению населения можно не проводить если:

индивидуальная годовая эффективная доза не превышает 10 мЗв; индивидуальная годовая эквивалентная доза в коже не превышает 50 мЗв и в хрусталике – 15 мЗв; коллективная эффективная годовая доза не превышает 1 чел.-Зв, либо когда при коллективной дозе более 1 чел.-Зв оценка по принципу оптимизации показывает нецелесообразность снижения коллективной дозы.

Однако для того, чтобы определить ожидаемые годовые эффективные и эквивалентные дозы проведение расчетов в любом случае необходимо. В силу этого в Нормах определено, что подобные расчеты должны проводиться еще на стадии проектирования и с учетом **всех источников излучения**.

Учитывая, что в настоящее время известно несколько сотен различных радиоактивных изотопов (по крайней мере, только в Нормах обсуждается более 300 их разновидностей) перед проведением расчетов ожидаемой радиационной опасности тех или иных пород и возможности их влияния не только на радиационную безопасность местности или объекта, но и непосредственно на здоровье человека, необходимо определиться какие радиоизотопы должны включаться в круг исследований. Так, например, для горелых пород карьера “Кюнкюй” (Якутия) необходимо детальное изучение таких элементов как уран-238, уран-234, торий-230, радий-226, радон-222, торий-232 и калий-40 (в отношении урана и тория напомним - при химических исследованиях изотопы ведут себя как один

элемент). После определения круга элементов производятся необходимые аналитические работы, включающие не только определение химического состава пород и содержание в них микроэлементов, а в первую очередь определение удельной активности пород по всем трем видам радиоактивного излучения, и проводятся предварительные расчеты.

При определении ожидаемых эффективной и эквивалентных доз расчеты производятся, в соответствии с требованиями Норм, исходя из полученных удельных активностей через поглощенную дозу. При этом на начальных этапах расчетов должны определяться промежуточные параметры, характеризующие воздействие ионизирующего излучения на отдельные органы и ткани (легкие, кожа, хрусталик и т.п.) и отдельно для каждого вида излучения – альфа, бета и гамма. Характер и общая степень воздействия облучения будут суммированы в получаемых значениях эффективной и эквивалентной доз, включая коллективную. Если их значения превысят допустимые минимальные дозы, т.е. данный объект исследования по их уровню подпадает под действие Норм, то необходимо произвести более углубленные расчеты.

В первую очередь необходимо определить – оправдано ли потенциальное облучение коллектива. Потенциальное облучение коллектива рассчитывается по относительно сложной вероятностной формуле. При расчете учитываются:

- среднее сокращение деятельности полноценной жизни в результате возникновения стохастических эффектов (болезней), равное 15 годам;
- среднее сокращение длительности периода полноценной жизни в результате возникновения тяжелых последствий от детерминированных эффектов (болезней), равное 45 годам;
- денежный эквивалент потери 1 чел.-года жизни населения;
- доход от производства;
- затраты на основное производство, кроме ущерба от защиты;
- ущерб от защиты.

К сожалению, эта формула предполагает оправданность облучения коллектива или отдельного человека в зависимости от доходности производства. Т.е., здоровье человека ставится в зависимость от экономических критериев. Причем это осуществляется при условии, что риск сокращения длительности периода полноценной жизни в результате возникновения тяжелых последствий от детерминированных эффектов имеет в формуле вероятностную зависимость.

Для каждой категории облучаемых лиц значение допустимого уровня радиационного воздействия для данного пути облучения определяется таким образом, чтобы при таком уровне воздействия только одного данного фактора облучения в течение

года величина дозы равнялась величине соответствующего годового предела, усредненного за пять лет. Годовые пределы приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Основные пределы доз облучения

Нормируемые Величины	Пределы доз		
	Персонал (группа А)	Персонал (группа Б)	Население
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	5 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 12,5 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год
Эквивалентная доза за год в хрусталике глаза	150 мЗв	37,5 мЗв	15 мЗв
коже	500 мЗв	125 мЗв	50 мЗв
кистях и стопах	500 мЗв	125 мЗв	50 мЗв

Значения допустимых уровней для всех путей облучения определяются для стандартных условий, которые характеризуются следующими параметрами:

- объемом вдыхаемого воздуха, с которым радионуклид поступает в организм на протяжении года;
- временем облучения в течение календарного года;
- массой питьевой воды, с которой радионуклид поступает в организм на протяжении календарного года;
- геометрией внешнего облучения потоками ионизирующего излучения.

Для персонала Нормами установлены стандартные значения параметров: объема вдыхаемого воздуха – 2400 куб. м в год, время облучения – 1700 часов в год.

Для населения Нормами установлены следующие стандартные значения параметров для расчетов: время облучения – 8800 часов в год, масса питьевой воды – 730 кг в год для взрослых. Годовой объем вдыхаемого воздуха устанавливается в зависимости от возраста:

Таблица 2.

Годовой объем вдыхаемого воздуха для разных возрастных групп населения.

Возраст, лет	До 1	1-2	2-7	7-12	12-17	Взрослые (больше 17)
V, тыс. куб м в год	1,0	1,9	3,2	5,2	7,3	8,1

Анализ указаний к методическим расчетам показывает, что, основываясь на них в принципе можно определить практически любой уровень радиационного воздействия. В то же время не оговариваются некоторые существенные проблемы, связанные с

применением этих методических указаний. В частности, умалчиваются аналитические вопросы. С воздухом и водой могут поступать совершенно разнообразные радионуклиды и в самом разнообразном состоянии: в виде газа (радон-222), в виде аэрозоли (практически все радионуклиды, соединения которых растворимы в воде), в виде растворов, в виде пылевых нерастворимых частиц. Для большинства перечисленных видов поступления в условиях, например, Якутии существуют сезонные пики и спады. В то же время для каждого вида поступления имеются свои методические и аналитические рекомендации и методики отбора проб и анализа в них содержания радионуклидов или определения уровня их радиоактивности. Это, не говоря уже о том, что при определении концентраций многих радионуклидов (групп радионуклидов) или определения их удельной активности требуются отдельные, приспособленные только для них, методики.

Выше обсуждены некоторые общие основы и значения уровней радиационного воздействия и требования к контролю за выполнением Норм. В то же время, в рамках данной статьи для достижения цели, необходимо рассмотреть еще один важный вопрос, связанный с ограничением природного облучения.

Эффективная удельная активность (Аэфф) природных радионуклидов в строительных материалах (щебень, гравий, песок, бутовый и пиленный камень, цементное и кирпичное сырье и пр.), добываемых на их месторождениях или являющихся побочным продуктом промышленности, а также отходы промышленного производства, используемые для изготовления строительных материалов (золы, шлаки и пр.) не должна превышать:

- для материалов, используемых в строящихся и реконструируемых жилых и общественных зданиях (I класс):

$$A_{эфф} = A(Ra) + 1,3A(Th) + 0,09A(K) \leq 370 \text{ Бк/кг}$$

где $A(Ra)$ и $A(Th)$ – удельные активности радия-226 и тория-232, находящихся в равновесии с остальными членами уранового и ториевого рядов, $A(K)$ – удельная активность калия-40 (Бк/кг);

- для материалов, используемых в дорожном строительстве в пределах территории населенных пунктов и зон перспективной застройки, а также при возведении производственных сооружений (II класс):

$$A_{эфф} \leq 740 \text{ Бк/кг};$$

- для материалов, используемых в дорожном строительстве вне населенных пунктов (III класс):

$$A_{эфф} \leq 1500 \text{ Бк/кг}$$

При $1500 \text{ Бк/кг} < A_{эфф} < 4000$ (IV класс) вопрос об использовании материалов решается в каждом случае отдельно по согласованию с федеральным органом

госсанэпиднадзора. При $A_{эфф} > 4000$ Бк/кг материалы не должны использоваться в строительстве.

Несмотря на кажущуюся простоту данной формулы, в ней также заложены определенные аналитические проблемы и, мягко говоря, несуразности.

К аналитическим проблемам относится относительно сложный, по крайней мере для региональных СЭС, вопрос – находятся ли изучаемые радионуклиды семейства урана и тория в равновесии. Относительно большинства природных строительных материалов, за исключением горелых пород и некоторых дренируемых поверхностными водами участков горных пород в зоне смены окислительно-восстановительного потенциала, вопрос о достижении радиоактивного равновесия не является принципиальным. В отходах же промышленного производства, используемых для изготовления строительных материалов, особенно в золах, полученных при сжигании углей, радиоактивное равновесие отсутствует. Однако однозначные доказательства этих выкладок можно получить только в результате сложных аналитических работ.

“Несуразности” данной методической формулы представлены двумя аспектами. Первая отражена во фразе “...радий-226 и торий-232, находящиеся в равновесии с остальными членами уранового и ториевого рядов”. Радий-226 действительно является членом уранового семейства. Учитывая, что при условии радиоактивного равновесия один атомом радия сосуществует с порядка 33600000 атомами урана, становится непонятно, почему в формулу внесен радий, а не родоначальник уранового семейства – уран-238. На наш взгляд это многоплановая проблема, не последнюю роль в которой играют аналитические и политические проблемы.

Вторая “несуразность” связана с калием-40. Нормами оговариваются два фактора:

1. Ионизирующее излучение в природных материалах, связанное с калием-40, не принимается в расчет.

Считается, что в природных материалах содержание радионуклида соответствует природным, т.е. составляет естественный природный фон, который для определенной группы людей, проживающих в конкретной местности, не может принести вреда. Хотя, учитывая сегодняшние экономические взаимоотношения, перемещение строительных материалов на огромные расстояния часто приводит к тому, что породы с повышенным содержанием калия-40, например граниты, попадают в регионы, где такие породы отсутствовали, что приводит к повышению радиоактивного фона. К примеру, подобная ситуация актуальна для г. Якутска, где для градостроительства применяется гранитная крошка или гранитные облицовочные плиты из районов северо-востока и юга Якутии. В качестве примера можно привести памятник В.И. Ленину на одноименной площади в

центре города. У гранитов этого памятника зафиксирована активность более 40 микрорентген/час при норме – 20 микрорентген/час (“Якутск вечерний”, № 15 (346), 20 апреля 2001 г., с. 8). Возможно, именно подобный случай и предусмотрен Нормами, но при отсутствии мониторинга активности по калию-40 на территории Якутии, практически любые цифры по отдельным регионам теряют смысл.

2. При проведении мероприятий по радиационной безопасности учитываются все виды ионизирующего излучения.

В практике определения удельной активности региональными СЭС при расчете по представленной формуле приводятся данные только гамма-излучения по калию-40. Ранее уже говорилось, что только 12% атомов калия-40 распадаются с выделением гамма-кванта. Распад 88% нуклида калия-40 сопровождается выделением бета-излучения. Таким образом, в практике работы СЭС не учитывается 88% негативного воздействия на человеческий организм радиоизотопа калия-40. На наш взгляд это в первую очередь аналитическая проблема, спровоцированная плохой обеспеченностью региональных СЭС специализированными аналитическими приборами.

Заключение. Разновидности горелых пород по своим физико-механическим характеристикам, зачастую, превышают характеристики традиционных строительных материалов. Они могут с успехом применяться в качестве наполнителей бетонов и асфальтобетонов, в виде щебенки служить в качестве основного материала для дорожных покрытий переходного типа, имеют прекрасные теплоизолирующие свойства, могут использоваться в качестве стабилизаторов грунтов земляного полотна автомобильных дорог криолитозоны. Использование глиежей в строительной отрасли особенно актуально для регионов со слабо развитой строительной индустрией в части производства строительных материалов и сложной логистикой по их доставке. В первую очередь к таким регионам относятся Арктическая и Субарктическая зоны Российской Федерации, а также большая часть Сибири. Именно на этих территориях расположены крупнейшие угольные бассейны, каждый из которых сопровождается рядом промышленных месторождений горелых пород.

Законодательство Российской Федерации гарантирует гражданам правовую базу и право на обеспечение их радиационной защиты. Минздравом России разработаны Нормы и требования к защите населения от природного, технологического и аварийного облучения, требования к ограничению облучения и требования к контролю за облучением.

В то же время, даже наиболее общий анализ ситуации по радиационной защите населения при использовании глиежей в дорожно-строительной области выявляет ряд недостатков.

Несмотря на всю полноту охвата Нормами различных условий и возможностей облучения населения, расчетная часть разработана еще не до конца. По крайней мере в расчете доз детерминированных воздействий радиационного облучения допускается использование вероятностных функций. В Нормам не учитывается обеспеченность удаленных от центра региональных СЭС аналитическим оборудованием, необходимым для проведения полноценной оценки радиационной опасности использования горелых пород в дорожном строительстве. В этой связи строительным организациям, перед использованием горелых пород конкретного месторождения, для объективной оценки радиационной безопасности, целесообразно пользоваться услугами специальных научных лабораторий, имеющих соответствующее методическое обеспечение и современное оборудование.