

**ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**  
**на диссертацию Сидоровой Галины Петровны**

**«Обоснование технологических способов управления  
качеством углей с повышенным содержанием естественных  
радионуклидов при открытой угледобыче»,**  
представленную на соискание ученой степени доктора технических  
наук по специальности - 25.00.22 Геотехнология (подземная,  
открытая и строительная)

**Актуальность** избранной диссертантом темы не вызывает сомнений, вместе с фундаментальностью работа имеет яркую прикладную сторону и посвящена решению проблемы разработки эффективной технологии добычи бурых углей и управления их качеством с учетом наиболее полного использования полезного ископаемого, за счет сокращения потерь и снижения негативного влияния на окружающую среду радионуклидов, содержащихся в этих углях.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, 7 глав, заключения, списка литературы из 286 наименований. Общий объем работы включает 251 страницу машинописного текста, включает 64 таблицы, 58 рисунков, 3 приложения.

**Целью** исследований диссертанта явилось обоснование эффективных способов управления качеством углей с повышенным содержанием естественных радионуклидов на технологических этапах: от планирования добычи до отгрузки потребителям, обеспечивающих экологическую безопасность угольной продукции.

Для достижения цели автор формулирует шесть основных задач, подробно рассмотренных в диссертации и автореферате:

1. Выполнить анализ существующего положения в ТЭК по вопросу добычи и использования углей с повышенным содержанием естественных радионуклидов (ЕРН) и негативного влияния продуктов сжигания радиоактивных углей на окружающую среду.

2. Оценить радиационные характеристики бурых углей Забайкалья и установить механизм накопления в них радиоактивных элементов, позволяющих делать прогноз наличия в угле радиоактивных элементов и выделять месторождения угля с их повышенным содержанием.

3. Разработать методику оценки радиационного качества углей на стадии геологоразведочных работ, позволяющую разделить запасы угля на технологические сорта с целью избирательности их выемки в соответствии с сортами и наиболее полного использования углей как энергетического сырья.

4. Разработать методические основы управления качеством углей с повышенным содержанием естественных радионуклидов по технологической

схеме: от проектирования добычи до формирования партий угля заданного качества.

5. Обосновать и разработать эффективные способы оперативного управления качеством углей с целью полноты извлечения их из недр, минимизации загрязнения окружающей среды при добыче, транспортировке и хранении углей с повышенным содержанием естественных радионуклидов.

Для решения задач Г.П. Сидоровой применен комплекс методов: анализ литературных источников, нормативно-технической и научно-методической документации; анализ результатов детальной и эксплуатационной разведок; анализ результатов химических, теплотехнических, гранулометрических, рентгенорадиометрических, спектральных, рентгеноспектральных методов исследования углей и продуктов их сжигания; полевые экспериментальные работы, статистическая обработка данных; анализ методов определения качества угля и продуктов их сжигания по содержанию естественных радионуклидов; технико-экономический и экологический анализ эффективности предложенных методов оперативного управления радиационным качеством углей.

**Соискателем представлено четыре защищаемых положения.**

**В первом защищаемом положении** констатируется следующее: «Установлена связь урана, накопленного в углях Забайкалья с породами фундамента, представленными палеозойскими гранитами, что удалось подтвердить через баланс металла по цепочке: палеозойские граниты, осадочные углевмещающие породы и уголь. Это позволяет прогнозировать наличие повышенных концентраций радионуклидов в углях».

В качестве обоснования первого защищаемого положения дисертантом приведен обширный обзор геологической характеристики буроугольных месторождений Забайкалья. Рассмотрены генезис и условия накопления радиоактивных элементов в углях.

- выполнен анализ результатов детальной и эксплуатационной разведок, по результатам которых даны показатели качества углей, оценены содержания вредных и токсичных элементов в углях;

- исследованы пробы углей и пород на радиоактивность, установлены пределы изменения радиоактивных элементов в углях и вмещающих породах для угольных месторождений Забайкалья;

- адаптированы методики гамма-опробования как в естественном залегании и штабелях, так и в лабораторных условиях для углей региона.

Характеристики радиоактивности пород и углей изучены автором по пяти буроугольным месторождениям Забайкалья. В процессе исследований автором установлены следующие закономерности: кристаллические породы фундамента протерозойского и кембрийского возраста обеднены ураном, в то же время палеозойские граниты имеют более высокие концентрации урана. Это в какой-то

степени объясняет то, что угольные месторождения Западного блока Забайкалья имеют низкие концентрации урана, а угли юго-восточного блока обогащены ураном; прямой зависимости между концентрацией урана в гранитах и в углях не получено, вероятно, на формирование высоких концентраций урана в углях юго-восточного Забайкалья оказали дополнительное влияние гидротермальные процессы; зависимости концентраций тория в углях от его концентраций в гранитах любого возраста не выявлено.

Соискателю в ходе выполнения работы удалось обосновать ряд совершенно новых выводов. Основными являются:

1. Механизм формирования радиоактивных элементов в углях Забайкалья подтверждается через баланс металла в цепочке: кристаллические породы фундамента, осадочные углевмещающие породы и уголь, что позволяет прогнозировать наличие повышенных концентраций радиоактивных элементов в углях.

2. Установлена зависимость концентраций урана в угле от его концентраций в кристаллических породах фундамента.

Считаю, что защищаемое положение полностью доказано приведенным в диссертации фактическим материалом, отличается несомненной фундаментальной значимостью и практическим смыслом.

**Второе защищаемое положение** гласит: «Предложена методика радиационной оценки углей по сортам: потребительский, энергетический и комплексный на стадии ведения геологоразведочных работ, позволяющая оконтурить и подсчитать запасы по сортам, оптимизировать систему их добычи и подготовки к реализации».

Разработка предлагаемой методики изложена в третьей главе. Здесь приводится огромный фактический материал, полученный автором в ходе экспериментальных исследований и статистической обработки результатов геологоразведочных работ на Уртуйском бурогольном месторождении.

В процессе обработки данных дополнительной разведки была получена информация по условиям локализации радиоактивных углей, распределению радиоактивных элементов как во вмещающих уголь породах, так и в микрокомпонентах угля: фюзене, витрене и засоряющих уголь минеральных частицах.

Используя предложенную методику, автору удалось разделить запасы угля на три сорта: потребительский, энергетический, комплексный (радиоактивный) и классифицировать эти угли по граничным значениям радиационных параметров, разработать временные кондиции по содержанию урана для углей Уртуйского месторождения. По разработанным на основе радиационной оценки кондициям были выделены площади развития углей всех трех сортов и оценены их запасы.

Из результатов выполненных диссертантом исследований можно сделать

вывод, что детальная разбивка угольной массы по сортам в пластах, на горизонтах и в блоках позволяет применять при отработке месторождения селективную выемку угля, что позволит обеспечить заданное качество готовой продукции по радиационным параметрам и обеспечить полноту извлечения угля из недр.

Г.П. Сидоровой убедительно показано и в диссертации, и в автореферате, что разработанная методика радиационной оценки углей, позволяющая разделить их по сортам: потребительский, энергетический, комплексный, еще на стадии ведения геологоразведочных работ, каждый из которых может быть отработан оригинальной технологией. Эти данные отличаются несомненной научной новизной.

Из изложенного в главе 3 материала следует, что второе защищаемое положение представляется обоснованным фактическим материалом.

**Третье защищаемое научное положение:** «Обоснована методика секционно-погоризонтного картирования запасов, обобщения и обработки информации по содержанию естественных радионуклидов для эффективного управления качеством углей и выбора оптимальных вариантов выемки их по сортам».

Доказательство третьего научного положения изложено в главе 4, где обоснованы расчеты допустимых содержаний урана в угле. Приведена методика планирования радиационного качества углей с применением секционно-погоризонтных карт качества. Приведена методика составления секционно-погоризонтных карт качества. Освещена комплексная методика оперативного управления радиационными параметрами угля.

Здесь приводится огромный фактический материал, полученный автором в ходе экспериментальных исследований на конкретных природных объектах, из которого следует:

1. Основным нормативным параметром, определяющим возможность сжигания угольной массы, является величина предельно-допустимого выброса урана.

2. Критерием отнесения к сорту является среднее содержание урана по угольному интервалу в пределах принятых отметок горизонтов (высота уступа 12 м), что послужило основой для погоризонтного картирования запасов угля по радиационным параметрам:

- к *комплексным* отнесены интервалы с содержанием урана более 0,01 %;
- к *потребительским* – с содержанием урана менее 0,001 %;
- все промежуточные значения – к *энергетическим*.

3. Максимальное содержание урана в добываемых углях регламентируется степенью эффективности улавливания золы-унос на ТЭЦ и объемом потребительского угля, отгружаемого сторонним потребителям.

4. В основу расчета положена величина утвержденных ПДВ в размере 3,1 т/год

и допущение о равномерном переходе урана при сжигании угля в золу-унос и шлаки без избирательного обогащения.

5. Разработанная и предложенная система методов управления радиационным качеством углей позволяет управлять потоком добычи с учетом радиационных показателей на всех этапах технологического процесса: от планирования до отгрузки потребителям, обеспечивать соблюдение утвержденных нормативных параметров и минимизацию негативного влияния на окружающую среду радионуклидов, содержащихся в угле.

6. В основу составления погоризонтных карт качества положена методика подсчета запасов угольной массы и содержания радиоактивных компонентов по угольному интервалу скважин в пределах принятых отметок горизонтов (уступов).

Соискателю в ходе выполнения работы удалось разработать ряд практических рекомендаций. Основными являются:

- Расположение основных комплексных блоков на достаточно концентрированной площади в юго-западной части месторождения требует учета этого фактора при рассмотрении вариантов вскрытия и направлений отработки.

- По материалам предложенных карт качества производятся расчеты качественных характеристик угля при планировании добычных работ, выбор оптимального варианта этих работ, расстановки горного оборудования проводится прогноз показателей качества на долгосрочный период при заключении договоров на поставку угля.

- Планирование показателей качества на Уртуйском разрезе с помощью секционнно-погоризонтных карт качества, которые являются необходимым источником информации при выборе вариантов расстановки горного оборудования и при проведении добычных работ с учетом необходимых качественных показателей угля.

- Применение методики планирования добычи углей с использованием погоризонтного картирования и (на основе этого) выбора оригинального способа выемки в отдельных блоках позволило сократить потери при добыче углей с повышенным содержанием радиоактивных элементов.

Считаю, что третье защищаемое положение доказано фактическим материалом, полученным Г.П. Сидоровой в процессе исследований.

В обосновании **четвертого защищаемого положения**, сформулированного как «Разработана комплексная технология оперативного управления качеством углей, содержащих естественные радионуклиды при добыче, формировании грузопотоков, отгрузке потребителям, обеспечивающая оптимизацию технологических процессов и радиационную безопасность обращения углей», в главе 5 диссертации рассматриваются результаты технологии отработки и оперативного управления качеством углей с повышенным содержанием естественных радионуклидов (ЕРН). Освещается вопрос использования приборов

для радиационного контроля и управления качеством углей. Подробно описывается методика и техника проведения радиационного контроля качества угля на технологических этапах разработки Уртуйского бурогоугольного месторождения, данные исследования проведены автором впервые, применительно к радиоактивным углям.

По результатам этих исследований делается 2 важнейших вывода с практической точки зрения:

- на основе разработанных технологий опробования угля в недрах, автосамосвалах и угольных штабелях предложена методика управления радиационными показателями углей в процессе добычи, транспортировки и складирования;

- результатами исследований и практического применения методики разделения углей на сорта и управления радиационными показателями углей было подтверждено, что:

*а) потребительские или бытовые угли* – содержание условного урана в которых не должно превышать 0,001 % или менее 123 Бк/кг (в среднем по месторождению – 100 Бк/кг). Угли этого сорта можно продавать населению и сторонним потребителям, а также сжигать на ТЭС, как в смеси, так и без нее.

*Статистические данные за период 1989–2010 гг показывают, что его эффективная активность составляет в среднем 77,5 Бк/кг, что соответствует I классу материалов по СанПиН 2.6.1.2523-09;*

*б) энергетические угли* – содержание условного урана от 0,001 до 0,01 % или от < 123 до 1230 Бк/кг (в среднем по месторождению – 370 Бк/кг). Характеризуются повышенными концентрациями радионуклидов. Используются только на ТЭЦ г. Краснокаменска, где производится организационный сбор, удаление и хранение отходов.

*Статистические данные за период 1989–2010 гг показывают, что его эффективная активность составляет в среднем в угле – 185 Бк/кг, что соответствует I классу материалов по СанПиН 2.6.1.2523-09; в золе – 1602 Бк/кг – что соответствует 3 классу материалов и имеет ограниченное использование; в шлаке – 1025 Бк/кг, соответствует 2 классу материалов;*

*в) комплексные угли* – содержащие уран в количествах, превышающих 0,01 % или более 1230 Бк/кг. Этот уголь захоронен в специальных отвалах.

Защищаемое положение, таким образом, в достаточной мере обосновано фактическим материалом главы 5 и может считаться доказанным.

В то же время, фундаментальная значимость этого положения неочевидна. Полученные выводы имеют скорее инженерное значение, но не отличаются глубоким научным содержанием.

**Новизна и личный вклад автора** представляются очевидными: основные результаты получены впервые и лично диссертантом.

По новизне и научной значимости полученных диссертантом результатов можно утверждать, что поставленная им цель исследований достигнута, а сформулированные задачи успешно решены:

- выполнен анализ существующего положения в ТЭК по вопросу добычи и использования углей с повышенным содержанием естественных радионуклидов (ЕРН) и негативного влияния продуктов сжигания радиоактивных углей на окружающую среду.

- оценены радиационные характеристики бурых углей Забайкалья и установлен механизм накопления в них радиоактивных элементов, позволяющий делать прогноз наличия в угле радиоактивных элементов и выделять месторождения угля с их повышенным содержанием.

- разработана методика оценки радиационного качества углей на стадии геологоразведочных работ, позволяющая разделить запасы угля на технологические сорта с целью избирательности их выемки в соответствии с сортами и наиболее полного использования углей как энергетического сырья.

- разработаны методические основы управления качеством углей с повышенным содержанием естественных радионуклидов по технологической схеме: от проектирования добычи до формирования партий угля заданного качества.

- разработаны эффективные способы оперативного управления качеством углей с целью полноты извлечения их из недр, минимизации загрязнения окружающей среды при добыче, транспортировке и хранении углей с повышенным содержанием естественных радионуклидов.

**Достоверность и обоснованность научных результатов** подтверждается надежностью применяемых методов исследований; большим объемом высококачественных аналитических и экспериментальных данных, полученных современными методами исследований в аккредитованных лабораториях; высокой сходимостью результатов экспериментально-промышленных исследований по контролю радиационного качества углей с результатами независимых лабораторий с достоверностью 85 – 90%; положительными итогами внедрения результатов исследований в практику работы ОАО «ППГХО», что подтверждено результатами мониторинга; патентами.

**Важное практическое значение работы** не вызывает сомнений, состоит в том, что:

- разработана методика дополнительной и эксплуатационной разведки бурых углей с повышенными концентрациями радиоактивных элементов для оценки их распространения в пределах бурогольных месторождений;

- разработана методика гамма - опробования угля в естественном залегании и в штабелях угольного склада и гамма - экспресс анализа угля в автосамосвалах;

- создано методическое и программное обеспечение комплекса оперативного управления качеством углей с повышенным содержанием естественных радионуклидов, базирующееся на понятии *суммарная удельная активность  $A_{эфф.}$* , которое может быть использовано для разработки нормативных документов, регламентирующих использование углей с повышенным содержанием радиоактивных элементов на любом месторождении.

- разработано методическое руководство по составлению секционнопогоризонтных карт качества углей, которое позволяет управлять радиационным качеством углей при планировании добываемого угля, обеспечить их радиационную безопасность;

- разработана и внедрена в практику работы ОАО «ППГХО» технология формирования и хранения штабелей радиоактивного угля.

**Основные защищаемые положения** подтверждаются и доказываются в тексте диссертации, а в сжатом виде – в автореферате и в окончательных выводах.

**Среди основных замечаний к работе** следует отметить следующие.

1. В методике количественной оценки содержания урана по интегральной гамма-активности используется уравнение регрессии (2.2) 
$$\dot{C}_u = \frac{C_{Ra+NTh}}{K_{pp}}$$
,

корректность применения которого вызывает сомнение и требует пояснения автора, т.к. при количественной интерпретации данных интегральной гамма-активности используют корреляционную связь между интенсивностью гамма-излучения и содержанием урана. Не приведена интенсивность гамма-аномалий, связанных с повышенным содержанием урана в угле, (стр. 90 – 91).

2. Не приведена оценка точности и достоверности применяемых методик, гл. 2, п. 2.2.

3. Автор в выводах к главе 3 пункт 9, (стр. 131), декларирует: «Граничными при выделении различных сортов угля являются значения величины суммарной удельной активности и интенсивности гамма-излучения (условия 4-П геометрии) урана», но количественных значений ни величины суммарной удельной активности, ни интенсивности гамма-излучения не приведены.

4. По мнению оппонента, в названиях 4 и 5 главы фраза «...управление радиационным качеством углей...» сформулировано не корректно, т.к. радиоактивные свойства углей в данном исследовании не являются их качественными показателями, а наоборот относятся к вредным и токсичным показателям в угле.



5. Не понятен переход от интенсивности гамма-излучения в исследуемом интервале, в мкР/ч, формула 5.2 ( $j = \frac{J_1+J_2+\dots+J_n}{n}$ ) к содержанию урана в формуле 5.3

$$C_U = \frac{C_{Ra} + N_{Th}}{K_{pp}}$$

откуда берется содержание радия, и что из себя представляет  $N_{Th}$  – поправка на влияние тория, (стр. 171)?

6. Требуется пояснения, какой смысл выражения ( $W_{max}/100\%$ ) в формуле 5.4, это что - максимальная влагоемкость вносит систематическую погрешность в определение содержания урана, так она меняется в зависимости от зольности углей, (стр. 172) ?

7. Как учитывается в методиках количественного определения урана, изменение естественной радиоактивности в угле от их зольности, существует зависимость  $A^d = f(I\gamma)$ .

8. По мнению рецензента не совсем удачно сформулированы 2-4 научные положения (стр. 12). Используемые автором термины не отражают научного результата исследований, а содержат процесс исследований и его продукт, т.к. методика и технология не могут являться научной основой, это уже продукты исследований, в основе которых должны лежать полученные научные результаты.

Несмотря на то, что высказанные замечания несколько снижают общее впечатление о работе, тем не менее, научная и практическая значимость диссертационного исследования высокая.

В целом представленная диссертация выполнена на высоком научном уровне и соответствует требованиям, предъявляемым ВАК к докторским диссертациям. Автореферат и опубликованные работы достаточно полно раскрывают её содержание, а Галина Петровна Сидорова заслуживает присуждения ей ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.22 - Геотехнология (подземная, открытая и строительная).

Заместитель директора  
Технического института (ф) СВФУ  
в г. Нерюнгри, д.т.н., профессор



Н.Н. Гриб

19.06.2014 г.