

УДК 504.064 (075.80)



*Овсейчук Василий
Афанасьевич
Vasily Ovseychuk*



*Мамаш Елена
Александровна
Elena Mamash*



*Сидорова Галина
Петровна
Galina Sidorova*

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В РАЙОНЕ КРАСНОКАМЕНСКОЙ ТЭЦ

MONITORING OF THE ENVIRONMENT IN THE AREA OF KRASNOKAMENSK TPS

Источниками загрязнения ТЭЦ являются пылегазовые выбросы в атмосферу, жидкие сбросы и твердые отходы, остающиеся после сжигания угля: зола и шлак. При сжигании углей с повышенным содержанием естественных радионуклидов, радиоактивные элементы присутствуют как в выбросах, так и в твердых отходах.

Рассмотрена методика мониторинга окружающей среды на примере Краснокаменской ТЭЦ, работающей на углях Уртуйского бурогоугольного месторождения, которые содержат повышенные концентрации радиоактивных элементов.

Освещены методы отбора проб и результаты полученных анализов с конкретных участков контроля. Предложены мероприятия по снижению загрязнения территории ТЭЦ естественными радионуклидами

Ключевые слова: источники загрязнения, тепловая электростанция (ТЭЦ), выбросы, радионуклиды, ПДК (предельно допустимые концентрации), бурый уголь, зола, шлак, расчетная предельная доза

The sources of pollution of thermal power stations (TPS) are dust – gaseous emissions, liquid effluents and solid waste having remained after combustion of coal: ash and slag. The combustion of coal with a high content of natural radionuclides, and radioactive elements present in both emissions and in solid waste.

The technique of monitoring the environment, for example Krasnokamensk TPS working on Urtuysky lignite coal deposits, which contain high concentrations of radioactive elements.

The methods of sampling and analysis of the obtained results from the definite areas of control are described in details. Some measures to reduce pollution on the territory of the TPS by natural radionuclides are suggested

Key words: sources of pollution, thermal power station (TPS), emissions, radionuclides, MPC (maximum permissible concentrations), brown coal, fly ash, slag, calculated limit dose

ТЭЦ является источником тепловых и электрических нагрузок промышленных предприятий и жилищно-коммунального сектора. Часть вырабатываемой электроэнергии передаётся на ФОРЭМ (Федеральный Оптовый Рынок Энергетических Мощностей).

ТЭЦ относится к основным объектам ППГХО, осуществляющим воздействия на окружающую среду. Источниками загрязнения являются выбросы в атмосферу и твердые отходы от сжигания топлива зола + шлак. ТЭЦ работает на буром угле Уртуйского месторождения, содержащем повышенное содержание естественных радионуклидов (ЕРН) [5].

Краснокаменская ТЭЦ имеет трубы высотой 150 м и 180 м и высокую температуру выбрасываемых газов. Поэтому снижение факела выбросов в зону дыхания людей наблюдается на более дальних расстояниях, чем от Сернокислотного (СКЗ) и Гидрометаллургического заводов (ГМЗ). Краснокаменская ТЭЦ, как и другие подобные предприятия, имеет санитарно-защитную зону в радиусе 1 км, зону переброса факела промышленных выбросов в атмосферу и зону задымления приземного слоя атмосферного воздуха [1,5].

Для котлоагрегата № 2 опасная скорость ветра составляет 4,75 м/с, а котлоагрегата № 1 – 5,25 м/с. При опасной скорости ветра зона задымления от котлоагрегата № 2 составит 4005 м, при средней скорости ветра – 3400 м, а при максимальной – 6772 м. Для котлоагрегата № 1 эти расстояния составят 3525, 2933 и 5622 м соответственно. При юго-восточном направлении ветра газообразные вещества ТЭЦ будут загрязнять город при опасных максимальных скоростях, а аэрозоли достигнут города при максимальном ветре, но в концентрациях ниже максимально разовых предельно допустимых концентратов (ПДК_{мр}). При максимальных скоростях ветра газообразные вещества также не превысят ПДК_{мр}. [1, 5, 9].

Анализ результатов расчетов по «Методике расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий» (ОНД-86) показал, что опасная скорость ветра для источников выбросов СКЗ и ГМЗ ниже, чем среднемесячные скорости ветра в г. Краснокаменск. Для высоких труб ТЭЦ опасные скорости ветра, наоборот, превышают среднемесячные скорости в городе (табл. 1; 2).

Таблица 1

Направление и скорость ветра в г. Краснокаменск и промзоне ППГХО в годовом периоде

Ме- сяц	Промзона ПГХО				г. Краснокаменск			
	Р _о	Р, %	V _{ср}	V _{мах}	Р _о	Р, %	V _{ср}	V _{мах}
1	ЮЗ	6,8	2,8	14	ЮЗ	11,2	2,3	11
2	СЗ	7,4	3,4	18	СЗ	6,1	1,6	9
3	СЗ	7,8	4,0	19	СЗ	11,1	2,5	13
4	СЗ	9,1	4,8	19	ССЗ	13,2	2,8	17
5	СЗ	9,1	4,2	15	СЗ	11,8	2,8	17
6	ССВ	8,2	4,5	24	ЮВ	4,6	1,9	13
7	СЗ	8,2	3,6	15	СЗ	5,0	2,0	8
8	ЮВ	17,3	3,6	16	СЗ	5,3	2,4	12
9	ЮВ	8,2	3,7	19	СВ	8,4	2,7	15
10	ЮВ	2,9	3,8	16	ЗСЗ	8,8	2,7	12
11	ЮЗ	8,8	3,8	19	ЮЗ	8,6	2,3	12
12	ЮВ	6,3	2,4	15	СЗ	6,0	2,0	10

Р_о – преимущественное направление ветра;

Р, % – повторяемость из расчета среднегодовой розы ветров, %;

V_{ср} – средняя месячная скорость ветра, м/с;

V_{мах} – максимально установленная скорость ветра, м/с;

Среднегодовая роза ветров

Направление ветра	Промзона ПГХО		г. Краснокаменск	
	P, %	V _{ср}	P, %	V _{ср}
С	2,47	3,4	3,92	2,4
ССВ	8,36	4,1	4,90	2,0
СВ	5,75	3,7	4,55	1,7
ВСВ	2,03	3,3	1,12	2,2
В	3,05	3,8	1,89	2,1
ВЮВ	5,84	3,2	1,68	2,3
ЮВ	14,55	3,2	3,50	2,2
ЮЮВ	7,39	4,1	3,29	1,9
Ю	6,15	3,9	7,00	2,3
ЮЮЗ	4,29	3,8	4,27	2,2
ЮЗ	6,94	3,0	10,01	2,1
ЗЮЗ	3,23	2,7	7,07	2,5
З	5,31	4,3	9,52	2,6
ЗСЗ	5,65	3,3	8,89	2,5
СЗ	13,22	4,2	14,84	2,4
ССЗ	5,75	3,6	13,51	1,8

(Примечание: обозначения см. табл. 1)

Для Краснокаменской ТЭЦ граница северо-запада – запада устанавливается с радиусами в 1 км от источников выбросов вредных веществ в атмосферный воздух. На востоке граница проходит по высоте 665,1 м; западнее корпусов отдыха профилактория; на северо-востоке 644,6 м; на севере – 500 м севернее автодороги; на северо-западе – 400 м восточнее перекрестка автодорог; на западе 632,8 м; на юго-западе 637,6 м; на юге – 673,8 м [1, 5, 9, 10].

Бурый уголь, поступающий на ТЭЦ, измельчается в мельницах и вместе с дутьем воздуха через специальные горелочные устройства подается в топки котельных агрегатов для сжигания. Отделение золы от газа осуществляется в золоулавливающих устройствах. Для выработки пара используется обессоленная вода. [10].

Используемое сырье и химреагенты:

1. Бурый уголь Уртуйского месторождения.
2. Мазут, вода техническая, вода хозяйственная, серная кислота, органические и неорганические сорбенты и химикаты, известь.

Отходы

1. Твёрдые – золошлаки, складированные в спецотвале (ЗШО).
2. Пылегазовые выбросы – зола, углеводороды.
3. Жидкие сбросы – промстоки после химводоочистки.

Следует отметить, что предельное количество урана, выбрасываемого в атмосферу из труб ТЭЦ, ежегодно регламентируется в количестве не более 3,5 т/год; расчетным способом определяется предельное среднегодовое содержание урана в поставляемом угле. На разрезе «Уртуйский» перед отправкой угля потребителям производится его радиометрическая сортировка.

Расчеты предельно допустимых выбросов ЕРН для Краснокаменской ТЭЦ выполнены ВНИПИпромтехнологии в 1991 г. [3, 4, 9].

В качестве предела дозы для I группы критических органов использована величина 100 мбэр/год, II группы – 300 мбэр/год, III группы – 600 мбэр/год, что составляет 20 % от предела дозы для лиц категории Б, установленного по ранее действующим

нормативам радиационной безопасности «НРБ-76/87». При расчетах выбросов учтены практически все пути воздействия, применена Гауссовская модель рассеяния примеси в атмосфере, рекомендованная МАГАТЭ [5, 8].

Решением областного комитета по экологии и природопользованию расчет ПДВ естественных радионуклидов для Краснокаменской ТЭЦ утвержден:

1) выброс угольной пыли с открытого склада угля за счет формирования и сдувания, согласно данным инвентаризации ВХВ, составляет 0,762 г/с;

2) максимальное содержание урана в угле – 0,01 %;

3) выброс урана, рассчитанный исходя из выбросов угля и содержания урана в угле, составляет $7,62 \cdot 10^{-5}$ г/с [7, 9].

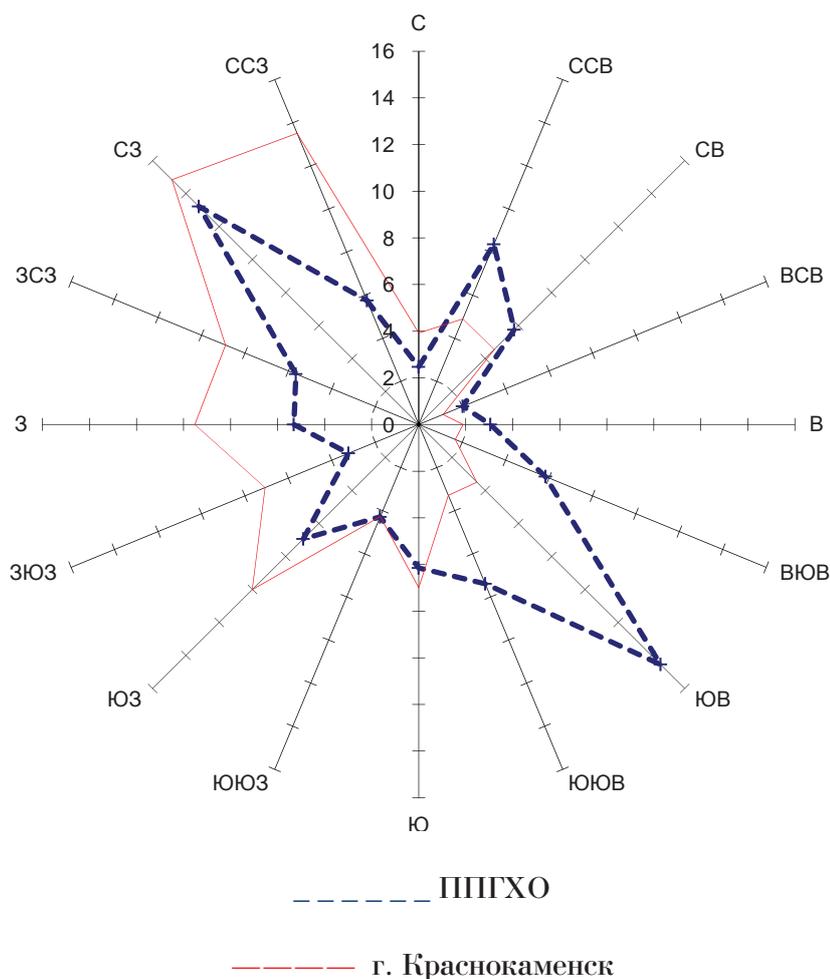


Рис. 1. Роза ветров г. Краснокаменск и промзоны ППГХО

Объектами радиационного контроля на Краснокаменской ТЭЦ являются:

- 1) склад угля;
- 2) контрольные точки труб № 1 и № 2;
- 3) гидрозолошлакоотвал (ЗШО).

Контроль выбросов радионуклидов

(урана) из дымовых труб ТЭЦ (источник № 1; 2); осуществляется путем отбора проб твердых частиц пылегазового потока в газоходах перед дымовыми трубами и последующим определением в отобранных пробах естественного урана (табл. 3) [1, 5].

Отбор проб и контроль содержания радиоактивных элементов

Наименование радионуклида	Метод определения	Производство, цех	Приборы
Уран, радий, торий	Фотоколориметрический метод с «Арсеназо III», «Сборник химических методов определения элементов при гидрометаллургической переработке сырья» и «Методика выполнения измерений массовой концентрации урана на анализаторе «Флюорат-02». Измерение радионуклидов в основных пробах угля и почвы проводятся в аналитической лаборатории ЦНИЛ ОАО «ППГХО» с использованием сцинтилляционного гамма-спектрометра с программным обеспечением «Прогресс» по методике, разработанной «Всероссийским научно – исследовательским институтом физико-технических и радиотехнических измерений» (ГНМЦ «ВНИИФТРИ»)- Свидетельство об аттестации № 40090.3Н700)	ТЭЦ	Фотоколориметр КФК-2МП, анализатор «Флюорат-02», гамма-спектрометр «ПРОГРЕСС»

Способ сжигания топлива – камерный. ТЭЦ установлены электрофильтры по два в качестве газоочистного оборудования на котлоагрегат (к/а) [10].

Схема радиационного мониторинга ТЭЦ

1. Склад угля

Радиационный контроль угля на складе ТЭЦ проводится по методике «Гамма-опробования углей в естественном залегании и штабелях угля».

Для гамма-опробования (ГО) угля на штабелях применялся прибор рудничный направленного приема ПРН 4-01, модернизированный в ЦЛ КИП и А ОАО «ППГХО» с целью повышения чувствительности и использования в одноканальном варианте измерений (увеличение чувствительности прибора к гамма-излучению в 10 раз и отключение от измерительной схемы компенсационного канала). Модернизация прибора является разовой операцией и производится при вводе прибора в работу. Методика и техника проведения гамма-опробования предусматривает разбивку профилей на участках опробования с шагом в 1 м, с подробной привязкой профиля. Замеры прибором ведутся в намеченных точках опробования. Все записи производились в специальном журнале. Обработка результатов гамма-опробования заключается в пересчете показаний прибора, выраженных в делениях шкалы, в значениях интенсивности, выраженных в мкР/час, в

расчете средней интенсивности по профилю (штабелю):

$$J = J_1 + J_2 + \dots J_n / n, \quad (1)$$

где J средняя интенсивность по профилю (штабелю), мкР/ч;

J_1, J_2, J_n – интенсивность в точках наблюдений, мкР/ч;

n – количество точек наблюдений.

Расчет содержания урана (Cu) по интегральной гамма-активности проводится по выведенному нами уравнению регрессии, на основании определения пересчетных коэффициентов, которые определены экспериментально при исследовательских работах на Уртуйском месторождении:

$$C_u = C_{Ra} - N_{Th} / K_{pp}, \quad (2)$$

где C_{Ra} – содержание радия;

N_{Th} – поправка на влияние тория;

K_{pp} – коэффициент радиоактивного равновесия.

Поправка на калий не учитывается ввиду незначительности его вклада.

Кроме этого, в точках замера отбираются точечные пробы, из которых форми-

руется сборная проба по штабелю. Сборные пробы исследуются и обрабатываются в ЦНИЛе (табл. 4) [5].

Таблица 4

Данные опробования штабеля угля на угольном складе ТЭЦ

Вид пробы	Год	U, %	Ra-226, Бк/кг	Th-232, Бк/кг	K-40, Бк/кг
Уголь	2008	0,0007	64	41	167
	2009	0,0013	228	31	114
	2010	0,0012	105	47	279

2. Контрольные точки № 1-12

Контроль концентраций выбросов в атмосферу ЕРН производится путем отбора разовых проб для определения максимально-разового загрязнения воздуха под факелом выброса или разовых концентраций. Для этого в пунктах наблюдения устанавливаются автоматические пробоотборники. Пробы отбираются на высоте 1,5 м от поверхности земли, по возможности, на открытых площадках. Продолжительность отбора разовых проб составляет 20...30 м. При отборе особое внимание следует обращать на метеорологическую обстановку в месте отбора пробы: фиксировать скорость, направление ветра, температуру воздуха, наличие атмосферных осадков и состояние погоды. Пробы воздуха отбираются путём протягивания исследуемого воздуха через поглотитель или фильтр. В качестве побудителей расхода используются воздуходувки типа ПУ-4Э и ПУ-2Э. Объём воздуха, протянутого через фильтр или поглотитель определяется с помощью ротаметра или реометра, обеспечивающих скорость протягивания и точность измерения. Обработка данных производится в лаборатории ССРБ.

Точки наблюдения установлены в зависимости от концентраций выбросов в атмосферу золы и по данным исследований они выставлены по румбам в С – СВ – В – ЮВ – Ю – ЮЗ – З – СЗ направлениях на расстояниях от трубы 6 км.

В этих же точках производится отбор проб почвы.

Точечные пробы отбирают методом конверта, по диагонали или другим способом, исходя из того, чтобы каждая проба представляла часть почвы, типичной для генетических горизонтов. Объединённую пробу готовят из точечных проб. Точечные пробы отбирают послойно на глубине 0; 5 см и 5; 20 см массой до 0,2 кг. Пробы анализируют в день отбора проб [5, 10].

3. Гидрозолоотвал (ЗШО) ТЭЦ

Гидрозолоотвал представляет пруды-отстойники, разгороженные дамбой, в которых зола и шлак осаждаются, а осветлённая вода используется повторно (рис. 2).

Твёрдые отходы: зола и шлак находятся на поверхности только в районе дамбы и опробуются точечными пробами по методу конверта, глубина отбора – 25...30 см, масса пробы – до 1 кг. Объединённую пробу готовят из точечных проб методом перемешивания и квартования. Конечная масса пробы – 1,0...3,0 кг.

Основная масса золы и шлака перекрыта водой, отбор проб производится из пульпы на выходе ее из транспортной трубы (рис. 3).

Периодичность отбора проб пульпы один раз в месяц, по утвержденному графику. Объём пробы – не менее 5 л (дм³). Сухой остаток должен составлять не менее 1 кг, согласно требованиям методики исследования.



Рис. 2. Гидрозолоотвал Краснокаменской ТЭЦ



Рис. 3. Транспортировка пульпы с ТЭЦ в гидрозолоотвал

Периодичность отбора проб – один раз в месяц, по утвержденному графику. Объем пробы – не менее 5 л (дм³). Сухой остаток должен составлять не менее 1 кг, согласно требованиям методики исследования.

Соскобы золы отбираются с внутренней поверхности котла, с экранных труб котла и пароперегревателя котла. Масса пробы – не

менее 0,2 кг. Периодичность отбора проб – не менее одного раза в месяц, согласно утвержденному графику (табл. 5).

Анализ и обработка проб производится в лаборатории ССРБ ОАО «ППГХО».

Внешний контроль осуществляется службой Центра гигиены и эпидемиологии № 107 ФМБФ России по г. Краснока-

менск, по утвержденному графику, но не менее одного раза в год.

Эффективная удельная активность

($A_{эфф}$) рассчитывается согласно п. 5.3.4 НРБ-99/2009. Метод определения – гамма-спектрометрический [6, 7, 8].

Таблица 5

Средний радионуклидный состав проб золы, шлака (по данным ежемесячного опробования)

Вид пробы	Год	U, %	Ra-226, Бк/кг	Th-232, Бк/кг	K-40, Бк/кг
Зола (соскоб)	2005	0,012	2437	821	1137
	2009	0,0066	1244	388	1572
	2010	0,0032	722	241	822
Золошлаковые отходы	2008	0,0016	474	157	1343
	2009	0,0017	475	137	615
	2010	0,0023	750	133	1039

Мероприятия по снижению загрязнения территории ТЭЦ естественными радионуклидами (ЕРН)

1. Провести озеленение прибрежной полосы золоотвалов.

2. Обеспечить контроль за санитарным радиационным состоянием почвы под факелом в летний и зимний сезоны по критериям ПДК_{мр} и ПДК_{сс} совместно с Госсанэпиднадзором.

3. Разработать и согласовать с Госсанэпиднадзором и комитетом по экологии план мероприятий по санитарной охране приземного слоя атмосферного воздуха от загрязнения выбросами ТЭЦ в г. Краснокаменск.

4. Разработать специальную программу по контролю за радиационной обстановкой на территории ТЭЦ.

Литература

References

1. Глушинский М.В., Савва П.П., Воронин Л.А., Зуевич Ф.И. [и др.] Радиационная обстановка в основных цехах ТЭЦ при сжигании углей с повышенным содержанием естественных радионуклидов // Вопросы атомной науки и техники. Вып. 1, 1994. С. 35-40.

2. Давыдов М.Г. Тимонина Ю.А. Радиационная обстановка в районе расположения ГРЭС Ростовской области // Теплоэнергетика. 2003. № 12. С. 8-13.

3. Овсейчук В.А., Крылов Д.А., Сидорова Г.П. Радиационные выбросы от угольных ТЭС // Вестник ЗабГУ. Чита: ЗабГУ, 2012. № 10. С. 24-29.

4. Овсейчук В.А., Крылов Д.А., Сидорова Г.П. Проблемы угольной энергетики, связанные с радиоактивностью углей // Вестник ЗабГУ. Чита: ЗабГУ, 2013. № 8. С. 38-45.

5. Овсейчук В.А., Сидорова Г.П. Ураноносность бурых углей Забайкалья: монография. РНИУМП ЗабГУ. 2012. 196 с.

6. СанПиН 2.6.1.2523 Нормы радиационной безопасности НРБ – 99/2009 – Введ. 07.07.09. М.: Изд-во стандартов, 2009. 55 с.

1. Glushinsky M.V., Savva P.P., Voronin L.A., Zuevich F.I. [i dr.] *Voprosy atomnoy nauki i tehniki*. [Problems of Atomic Science and Technology]. Vol. 1, 1994. P. 35-40.

2. Davydov M.G. Timonina Yu.A. *Teploenergetika*. [Thermal energy]. 2003. no 12. P. 8-13.

3. Ovseychuk V.A., Krylov D.A., Sidorova G.P. *Vestn. Zab. Gos. Un-ta.* (Transbaikal State University Journal). Chita: ZabGU, 2012. no 10. P. 24-29.

4. Ovseychuk V.A., Krylov D.A., Sidorova G.P. *Vestn. Zab. Gos. Un-ta.* (Transbaikal State University Journal). Chita: ZabGU, 2013. no 8. P. 38-45.

5. Ovseychuk V.A., Sidorova G.P. *Uranonosnost buryh ugley Zabaykaliya: monografiya*. [Uranium-bearing lignite of Transbaikal region : monograph]. RNIUMP ZabGU, 2012. 196 p.

6. *SanPiN 2.6.1.2523 Normy radiatsionnoy bezopasnosti NRB – 99/2009 – Vved. 07.07.09.* [SanPin 2.6.1.2523 Radiation Safety Standards NRB

7. Суханов Р.А., Сидорова Г.П. Проблемы использования углей с повышенной радиоактивностью // Горный журнал. 2009. № 2. С 67-69.

8. СП 2.6.1.2612-10 . Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010). Москва: Минздрав России, 2010. 82 с.

9. Обоснование допустимых выбросов ЕРН при сжигании углей Уртуйского месторождения на Краснокаменской ТЭЦ, Москва: ВНИПИИПТ, 1991. 124 с. (Фонды ОАО ППГХО).

10. Реконструкция котлов ТЭЦ для сжигания Уртуйского бурого угля. Этап 3.5. Исследование керновых проб Уртуйского угля и прогноз качества. Этап 3.6. Исследование товарных проб Уртуйского угля и характеристик котлов при длительном сжигании. НИР Сибирского филиала ВТИ. Красноярск, 1991. 54 с. Фонды ОАО ППГХО

– 99 /2009 – Intr . 07 .07 09]. Moscow: Standards Press, 2009 . 55 p.

7. Suhanov R.A., Sidorova G.P. *Gornyy zhurnal*. [Mining Journal]. 2009. no 2. P. 67-69.

8. *SP 2.6.1.2612-10 . Osnovnye sanitarnye pravila obespecheniya radiatsionnoy bezopasnosti (OSPORB 99/2010)*. [SP 2.6.1.2612-10. Basic Sanitary Rules for Radiation Safety (OSPORB 99/2010)]. Moscow: Russian Ministry of Health, 2010. 82 p.

9. *Obosnovanie dopustimyh vybrosov ERN pri szhiganiï ugley Urtuyskogo mestorozhdeniya na Krasnokamenskoy TETs*. (Fondy OAO PPGHO). [Justification of permissible emissions by burning coal of Urtuysk field in Krasnokamensk TPS]. Moscow: VNIPIPT, 1991. 124 p. (Foundations of PPGHO).

10. *Rekonstruktsiya kotlov TETs dlya szhiganiya Urtuyskogo burogo uglya. Etap 3.5. Issledovanie kernovykh prob Urtuyskogo uglya i prognoz kachestva. Etap 3.6. Issledovanie tovarnykh prob Urtuyskogo uglya i harakteristik kotlov pri dlitelnom szhiganiï*. NIR Sibirskogo filiala VTI. [Reconstruction of thermal power station boilers for combustion of Urtuysk brown coal. Step 3.5. Study of Urtuysk coal core samples and quality forecast . Stage 3.6. Investigation of product samples of Urtuysk coal and boiler performance during prolonged firing . Siberian Branch of the NCI VTI]. Krasnoyarsk, 1991.54 p. Funds of PPGHO

Коротко об авторах

Овсейчук В.А., д-р техн. наук, профессор, Забайкальский государственный университет, ведущий научный сотрудник, Забайкальский институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, Россия

MKS3115637@Yandex.ru

Научные интересы: геология, геотехнология урановых месторождений, охрана окружающей среды, радиационная безопасность

Мамаш Е.А., канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотрудник ИВТ СО РАН, г. Новосибирск, Россия
lylyly_05@mail.ru

Научные интересы: экология, вычислительные технологии

Сидорова Г.П., канд. техн. наук, доцент каф. «Гидрогеология и инженерная геология», Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия
druja@inbox.ru

Научные интересы: экологические проблемы, связанные с отработкой угольных месторождений

Briefly about the authors

V. Ovseichuk, doctor of engineering sciences, professor, Transbaikal State University, leading scientific employee of the Chita Institute of Natural Resources, Ecology and Kriology Russian Academy of Sciences

Scientific interests: geology, geotechnology of uranium deposits, protection of environment, radiation safety

E. Mamash, candidate of physic and mathematical sciences, senior researcher at the ICT SB RAS, Novosibirsk

Scientific interests: ecology, computer technology

G. Sidorova, candidate of technical sciences, assistant professor, Hydrogeology and Engineering Geology department, Transbaikal State University

Scientific interests: environmental problems connected with coal deposits working off