

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

УДК 577.4

А.С. Федотова

#### ОЦЕНКА ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ В НАСЕЛЕННОМ ПУНКТЕ ЗОНЫ НАБЛЮДЕНИЯ ГОРНО-ХИМИЧЕСКОГО КОМБИНАТА

A.S. Fedotova

#### EVALUATION OF RADIATION DOSE IN THE LOCALITY SURVEILLANCE ZONE MCC

Оценка дозовой нагрузки на население является надёжным показателем радиационной обстановки на селитебных территориях. В Красноярском крае ФГУП ФЯО «Горно-химический комбинат» (ГХК) относится к числу предприятий первой категории потенциальной радиационной опасности. Для ГХК установлена зона наблюдения, включающая территорию радиусом 20 километров вокруг точки газоаerosольных выбросов и пойму р. Енисей на протяжении 1000 км. Цель работы – расчет дозы облучения населения с. Большой Балчуг, находящегося в зоне наблюдения. В статье приведены результаты радиоэкологического исследования аграрного ландшафта, территориально принадлежащего зоне наблюдения ГХК. Была проведена работа по определению удельной активности почвы, воды и продукции животноводства, производимой в условиях аграрного ландшафта. Расчёт доз выполнен в соответствии с нормативными документами. При оценке доз, обусловленных гамма-фоном, были использованы результаты пешеходной гамма-съёмки территории села, эквивалентной равновесной объёмной активности (ЭРОА) радона в воздухе жилых помещений села, значения удельной активности техногенных радионуклидов в продуктах животноводства. В результате установлено, что за счёт перорального поступления радионуклидов с продуктами питания и питьевой водой жители с. Б. Балчуг по-

лучают индивидуальную дозу внутреннего облучения, равную 0,26 кубометров в год, в том числе за счёт техногенных радионуклидов – 0,16 кубометров в год, что не превышает пределы эффективной дозы техногенного облучения для населения, установленные НРБ-99–2009.

**Ключевые слова:** Красноярский край, аграрный ландшафт, эффективная доза облучения.

Estimation of the radiation burden of the inhabitants is the reliable index of the residential area radioecological situation. In Krasnoyarsk region there is the Mining and chemical plant Federal state unitary enterprise, Federal nuclear organization. The plant ranges with the first category potential radiation hazard plants. The supervised zone, established for the plant, includes the territory of 20 km radius around the gas-aerosol emission and the Yenisei river floodplain 1000 km length. In the article the results of radioecological investigation of the agrarian landscape, territorially belonging to the Mining and chemical plant supervised zone were set forth. The aim of the work was the calculation of the Bolshoi Balchug village inhabitants radiation doze. The village is located within the supervised zone. This work was preceded by the work aimed at the determination of the specific activity of the soil, water and animal production, produced in the agrarian landscape. The doze calculation was made in accordance with the regulations and standards. Gamma-ray background doze estima-

tion was based on the results of the pedestrian gamma radiation survey of the village territory, radon equivalent equilibrium volume activity in the air of the village dwellings, values of the technogenic radionuclides specific activity in the animal products. As the result, it was found out that Bolshoi Balchug inhabitants receive personal dose of internal irradiation equal to 0.26 mSv per year through the peroral route of radionuclides with food and drinking water. This number includes 0.16 mSv per year of personal dose of internal irradiation received due to the technogenic radionuclides, which does not exceed the technogenic irradiation effective dose determined for the inhabitants by the radiation safety standards 99-2009.

**Keywords:** Krasnoyarsk region, agricultural landscape, effective dose.

**Введение.** Благодаря явлению радиоактивности был совершен существенный прорыв в области медицины и различных отраслях промышленности, включая энергетику. Однако любое воздействие радиационного излучения на живой организм имеет последствия, степень изменений в организме определяется дозой облучения.

В результате работы предприятий атомной промышленности и крупных радиационных аварий в окружающую среду были привнесены долгоживущие техногенные радионуклиды. В результате окружающая среда определенных территорий имеет дополнительное радиационное воздействие.

На территории Российской Федерации есть ряд регионов с контролируемой радиационной обстановкой. К числу таких территорий относятся центральные районы Красноярского края, где находятся предприятия бывшего военного ядерно-промышленного комплекса страны. Одно из них – Федеральное государственное унитарное предприятие Федеральная ядерная организация «Горно-химический комбинат» (ФГУП ФЯО «ГХК»), относящееся к числу предприятий первой категории потенциальной радиационной опасности. Для него установлена зона наблюдения (ЗН), включающая территорию радиусом 20 километров вокруг точки газоаэрозольных выбросов и пойму р. Енисей на протяжении 1000 километров от места сбросов комбината.

В 20-километровой части ЗН ФГУП ФЯО «ГХК» расположено 12 сельских населенных пунктов, в которых проживает 2,4 тыс. человек,

и г. Железногорск с населением 91,6 тыс. человек. На берегах р. Енисей в границах 1000 км ЗН расположены более 30 населенных пунктов, в том числе города Енисейск и Лесосибирск [13].

Источником техногенного радиоактивного загрязнения поймы р. Енисей являются процессы размыва и переотложения многолетних осадков, а также процессы фильтрации и дренирования, проходящие в местах расположения прудов-отстойников и подземных хранилищ. Радиационная обстановка техногенного происхождения в долине р. Енисей сформировалась за период пятидесятилетней деятельности ФГУП ФЯО «ГХК» как результат нормативных и аварийных сбросов в реку загрязненных вод реакторного и радиохимического заводов. Большинство радиационно-загрязненных участков расположены вне границ населенных пунктов. Исключения представляют аномалии на береговой полосе острова Городской в г. Енисейске и на береговой полосе села Б. Балчуг.

Систематическое изучение и независимый контроль радиационной обстановки в зоне наблюдения ГХК начали проводиться с конца 80-х годов. К середине 90-х годов в пойме р. Енисей, в пределах зоны наблюдения, было выявлено более 150 участков с аномально высоким уровнем радиоактивного загрязнения.

Радиоактивное загрязнение поймы прослеживается от места сброса вод охлаждения проточных реакторов ФГУП ФЯО «ГХК» до устья реки в Карском море, то есть на протяжении до 2 000 км [4, 5]. На этом участке реки условно выделено три подзоны: ближняя (от с. Атаманово до устья р. Кан), средняя (от устья р. Кан до с. Ярцево) и дальняя (от с. Ярцево до устья р. Енисей). В пределах ближней и средней подзон выявлено более 150 участков с аномально высоким уровнем техногенного радиоактивного загрязнения. Основными нуклидами, определяющими радиационную опасность пойменных почв и донных отложений, являются  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{152}\text{Eu}$ ,  $^{154}\text{Eu}$  и  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu}$ . Максимальные уровни загрязнения речных отложений  $^{137}\text{Cs}$  в ближней подзоне изменяются от 500 до 260 кБк/м<sup>2</sup>, в средней – от 370 до 110 кБк/м<sup>2</sup>, в дальней снижаются до 3,7 кБк/м<sup>2</sup> и менее. Основными нуклидами, определяющими радиационную опасность почвогрунтов, являются кобальт-60, стронций-90, цезий-137, европий-152 и -154 и плутоний-239,240 [1].

Среднегодовая индивидуальная доза облучения населения складывается из доз внешнего и внутреннего облучения. Доза внешнего облучения формируется за счет гамма-фона, обусловленного космическим излучением и излучением природных и техногенных радионуклидов, присутствующих в почве, строительных грунтах и материалах. Доза внутреннего облучения представляет собой сумму доз, связанных с аэральным поступлением в организм радона и его дочерних продуктов распада, поступлением с продуктами питания природных и техногенных радионуклидов и присутствием в органах и тканях человека природного радионуклида калий-40.

Основные источники ионизирующего излучения и их вклады в полную (суммарную) дозу об-

лучения жителей Красноярского края ежегодно не претерпевают значительных изменений, перечень основных источников и их процент участия в годовой эффективной дозе приведены в таблице 1.

Из данных таблицы следует, что полная годовая доза обусловлена в первую очередь внутренним облучением дочерними продуктами распада радона и медицинским облучением населения при профилактических и диагностических рентгенорадиологических процедурах.

Динамика средних значений индивидуальной дозы облучения населения Красноярского края за период с 2008 по 2014 г. приведена в таблице 2.

Таблица 1

**Основные источники ионизирующего излучения в Красноярском крае**

Источник излучения	Вид облучения	Вклад, в годовую дозу, %
Гамма-фон вне помещений, обусловленный содержанием естественных радионуклидов (ЕРН) в почве и космическим излучением	Внешнее	3,6
Гамма-фон внутри помещений, обусловленный ЕРН в грунтах, строительных материалах и космическим излучением	Внешнее	14,5
Глобальное загрязнение почвы и продуктов питания техногенными радионуклидами	Внешнее и внутреннее	0,2
ЕРН в продуктах питания и питьевой воде	Внутреннее	2,4
Радон в воздухе помещений	Внутреннее	57,0
Калий-40 в организме человека	Внутреннее	3,3
Медицинское облучение	Внешнее	19,0
Всего		100

Таблица 2

**Структура годовой эффективной коллективной дозы облучения населения, чел.-Зв/год<sup>1</sup>**

Вид облучения населения	Год						
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Население, проживающее в зонах наблюдения	0,41	0,37	0,40	0,21	0,07	0,08	0,04
Техногенно измененный радиационный фон	14,45	14,47	14,15	14,19	14,23	14,2	14,3
В том числе:							
– за счет глобальных выпадений	14,45	14,47	14,15	14,19	14,23	14,2	14,3
– за счет радиационных аварий	0	0	0	0	0	0	0

<sup>1</sup>На основании государственных докладов [6–13]

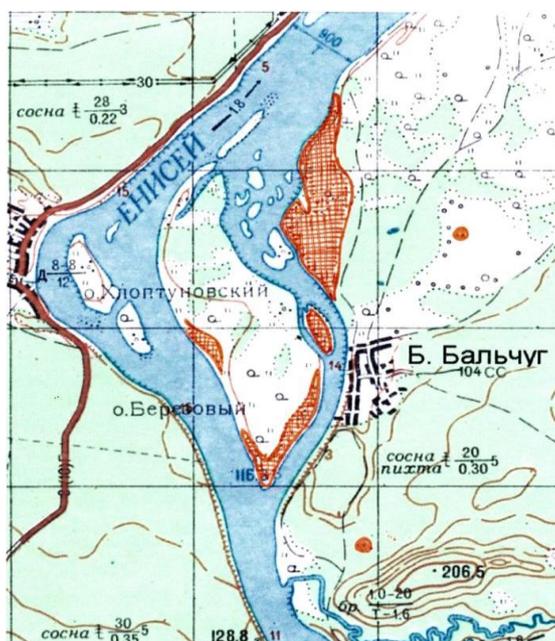
В период с 2008 по 2014 г. вклад в дозу облучения за счет техногенно измененного радиационного фона не изменился, в среднем составил  $14,28 \pm 0,13$  чел.-Зв/год. За исследуемый период радиационных аварий на территории Красноярского края зарегистрировано не было.

**Цель работы.** Расчет дозы облучения населения с. Большой Балчуг, находящегося в зоне наблюдения ГХК. Целесообразность этой работы обусловлена тем, что только дозовые нагрузки на население служат надёжным показателем радиационной обстановки на селитебных территориях.

Данной работе предшествовало исследование по определению удельной активности почвы, воды и продукции животноводства, производимой в условиях тестируемого населенного

пункта. Определение удельной активности проводилось в 2003–2009 гг. Радиоэкологическое обследование проводилось согласно регламентирующим документам [2, 3].

Село Большой Балчуг располагается в лесостепной зоне края и относится к Сухобузимскому району, расположено в надпойменной террасе правого берега Балчугской протоки р. Енисей и находится в 6 км от границы санитарно-защитной зоны ФГУП ФЯО «ГХК» (рис.). Его жилая зона включает 36 подворий и занимает площадь около 60 га. В селе проживает 136 человек. В его сторону ориентировано основное, северо-восточное, направление ветров, переносящих газоаэрозольные выбросы ФГУП ГХК, а сбросы ФГУП ГХК в воду р. Енисей омывают берег населённого пункта.



Карта Балчугской агроэкосистемы (штриховкой выделена Балчугская аномальная зона)

Специфические условия проживания в селе обусловлены его изолированностью. Поэтому важными источниками питания жителей являются продукция личных подсобных хозяйств (картофель и овощные культуры, мясо, молоко и т.д.), дикоросы и рыба, вылавливаемая из р. Енисей.

**Результаты исследований.** Полная годовая доза облучения человека является суммой доз, обусловленных внешним, внутренним и медицинским облучением. Нами выполнена оценка двух первых составляющих, так как оценка дозы

медицинского облучения относится к числу задач, решаемых Роспотребнадзором России.

Доза внешнего облучения людей складывается из доз, обусловленных гамма-фоном внутри и вне помещений. Расчет доз проводился в соответствии с рекомендациями МКРЗ.

При оценке доз, обусловленных гамма-фоном, были использованы результаты пешеходной гамма-съёмки территории села –  $0,24 \pm 0,05$  мЗв/ч.

Доза внутреннего облучения складывается из доз, обусловленных вдыханием радона и его

ДПР, а также пероральным поступлением радионуклидов.

Расчёт доз выполнен в соответствии с регламентирующими документами<sup>2</sup>. Техногенное загрязнение окружающей среды радионуклидами <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr приобрело глобальный характер, поэтому методические указания предписывают учитывать обусловленную ими дозу наряду с дозой природного облучения. Среднее значение годовой эффективной дозы внешнего облучения, согласно МУ 2.6.1.1088-02, рассчитывалось по формуле

$$E_{\text{внешн}} = 8800 \times 10^{-3} \times (0,8 \times H_{\text{дом}} + 0,12 \times H_{\text{село}} + 0,08 \times H_{\text{берег}}), \quad (1)$$

где 8800 – стандартная продолжительность года, ч;  $10^{-3}$  – коэффициент перевода мкЗв в мЗв; 0,8, 0,12 и 0,08 – доли времени нахождения людей в помещениях, на территории села и береговой полосе Енисея;  $H_{\text{дом}}$ ,  $H_{\text{село}}$ ,  $H_{\text{берег}}$  – средние значения мощности дозы (мкЗв/ч) гамма-излучения в помещениях, на территории села и на береговой полосе.

В таблице 3 приведены данные для расчёта дозы внешнего облучения и результаты расчёта, указана доза внешнего облучения, обусловленная техногенным радионуклидным загрязнением берега села.

Таблица 3

**Исходные данные и результаты расчёта дозы внешнего гамма-облучения жителей с. Б. Балчуг**

Место облучения	Годовая продолжительность пребывания, ч/год	МД, мкЗв/ч		Среднегодовая доза, мЗв/год	
		полная	в т.ч. за счёт ТРЗ	полная	в т.ч. за счёт ТРЗ
Территория села	1056 (12 %)	0,10	–	0,11	–
Береговая полоса	704 (8 %)	0,24	0,14	0,17	0,10
Жилые помещения	7040 (80 %)	0,06	–	0,42	–
Всего				0,70	0,10

Полная доза внутреннего облучения складывается из дозы, обусловленной ингаляцией радона и его ДПР; дозы, обусловленной природными и техногенными радионуклидами, поступающими в организм с пищей и водой, и дозы за счёт присутствия радиоактивного изотопа природного калия <sup>40</sup>K в организме человека.

Значение индивидуальной годовой эффективной дозы внутреннего облучения (мЗв/год) за счёт короткоживущих дочерних продуктов распада радона рассчитывалось с использованием результатов измерения ОА радона в воздухе помещений и в атмосферном воздухе на территории населенного пункта по формуле

$$E_{\text{вн.,Rn}} = 1,05 \times 9,0 \times 10^{-6} \times 8800 \times (0,8 \times ЭРОА_{\text{дом}} + 0,2 \times ЭРОА_{\text{ул}}), \quad (2)$$

где 1,05 – численный коэффициент, учитывающий вклад в дозу материнских радионуклидов радона (<sup>220</sup>Rn и <sup>222</sup>Rn);  $9,0 \cdot 10^{-6}$  – дозовый коэф-

фициент (мЗв/(час·Бк/м<sup>3</sup>)); 8800 – стандартная продолжительность года, ч; 0,8 и 0,2 – доли времени нахождения людей в помещениях и на открытой местности; ЭРОА<sub>дом</sub>, ЭРОА<sub>ул</sub> – средние значения ЭРОА радона в воздухе помещений и на открытой местности, Бк/м<sup>3</sup>.

Значение ЭРОА<sub>ул</sub> в соответствии с рекомендациями, приведёнными в МУ 2.6.1.1088-02, принято равным 6,5 Бк/м<sup>3</sup>, то есть среднемировому значению ЭРОА радона в приземном слое атмосферного воздуха. Среднее значение ЭРОА<sub>дом</sub>, то есть ЭРОА радона в воздухе жилых помещений села, основанное на результатах интегральных измерений ОА радона, равно 42,5±18,6 Бк/м<sup>3</sup>. Значения ЭРОА, согласно рекомендациям<sup>3</sup>, получены путём умножения измеренных значений ОА радона на коэффициент 0,5.

<sup>2</sup>МУ 2.6.1.1088-02. Оценка индивидуальных эффективных доз облучения населения за счёт природных источников ионизирующего излучения. М., 2002.

<sup>3</sup>МР 11-2/206-99. Выборочное обследование жилых зданий для оценки доз облучения населения. Л., 1999.

Индивидуальная доза внутреннего облучения  $E_{вн., Рп}$ , обусловленная ингаляцией радона и его ДПР, рассчитанная с использованием вышеуказанного среднегодового значения<sup>4</sup> ЭРОА<sub>дом</sub> по формуле (2), равна 2,93 мЗв/год. Эта доза несколько больше средней краевой дозы, равной 2,74 мЗв/год, что объясняется расположением с. Б. Балчуг в Атамановской радоноопасной зоне.

Среднегодовое значение индивидуальной дозы внутреннего облучения людей за счет техногенных радионуклидов, присутствующих в продуктах питания ( $E_{вн., пп}$ ) и воде, согласно МУ 2.6.1.1088-02, рассчитывалось по формуле

$$E_{вн., пп} = \sum d_{p,j} \cdot m_i \cdot C_{ij}, \text{ мЗв/год}, \quad (3)$$

где  $d_{p,j}$  – дозовый коэффициент для j-го радионуклида при его пероральном поступлении в организм с продуктами питания, взятый из приложения МУ 2.6.1.1088-02;  $m_i$  – среднее годовое

потребление i-го продукта, кг/год;  $C_{ij}$  – средняя удельная активность j-го радионуклида в i-м продукте питания. Результаты расчёта по формуле (3) приведены в таблице 4.

К этой дозе должна быть добавлена доза, обусловленная присутствием естественных радионуклидов в пищевых продуктах и питьевой воде, которая при расчётах, согласно рекомендациям<sup>5</sup>, принята равной 0,12 мЗв/год.

Таким образом, за счёт перорального поступления радионуклидов с продуктами питания и питьевой водой жители с. Б. Балчуг получают индивидуальную дозу внутреннего облучения, равную 0,26 мЗв/год, в том числе за счёт техногенных радионуклидов – 0,16 мЗв/год.

В таблице 5 указаны все основные источники облучения жителей с. Б. Балчуг и обусловленные ими дозы.

Таблица 4

**Среднегодовая доза внутреннего облучения, обусловленная поступлением техногенных радионуклидов с пищевыми продуктами**

Продукты питания	Среднегодовая доза, мЗв/год
Картофель	0,022
Молоко коровье	0,001
Хлеб пшеничный	0,029
Мясо крупного рогатого скота	0,009
Овощи (помидоры, огурцы, баклажаны)	0,006
Рыба (таймень, елец, хариус)	0,084
Грибы (масленок поздний, березовик обыкновенный, рыжик обыкновенный)	0,004
Вода	0,001
Всего	0,156

Таблица 5

**Источники и дозы облучения жителей с. Б. Балчуг**

Вид облучения	Источник облучения	Среднегодовая доза, мЗв/год	
		полная	в т.ч. за счёт ТРЗ*
Внешнее облучение	Природные	0,60	-
	Техногенные	0,10	0,10
Внутреннее облучение	Радон и его ДПР	2,93	-
	Природные радионуклиды в продуктах питания и питьевой воде	0,12	-
	Техногенные радионуклиды в продуктах питания	0,16	0,16
	К-40 в организме	0,17	-
Всего		4,08	0,26

\*ТРЗ – техногенное радиоактивное загрязнение.

<sup>4</sup>Нормативно-методические документы позволяют рассматривать значения ОА радона, измеренные с экспозицией не менее 30 дней как среднегодовые.

<sup>5</sup>МУ 2.6.1.1088-02. Оценка индивидуальных эффективных доз облучения населения за счёт природных источников ионизирующего излучения. М., 2002.

**Выводы.** Таким образом, полная среднегодовая доза облучения жителей села Б. Балчуг (за исключением дозы, обусловленной медицинским облучением) составляет 4,1 мЗв/год. В дозу облучения жителей с. Б. Балчуг значительный вклад вносит радон, его ДПР и дополнительное техногенное облучение. Доза техногенного облучения населения села Б. Балчуг составляет 0,26 мЗв/год. Согласно НРБ-99/2009, пункт «Требования к ограничению техногенного облучения в контролируемых условиях», пределом эффективной дозы техногенного облучения для населения является 1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год.

Годовая эффективная доза от техногенного облучения в сумме, получаемая населением за счет внутреннего и внешнего облучения, составляет 26 % от допустимого дозового предела согласно НРБ-99/2009.

### Литература

1. Закономерности распределения и миграции радионуклидов в долине реки Енисей / Ф.В. Сухоруков, А.Г. Дегеменджи, В.М. Белолипецкий [и др.]; науч. ред. В.Ф. Шабанов, А.Г. Дегерменжи. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2004. – 286 с.
2. МУ 13.5.13-00. Организация государственного радиоэкологического мониторинга агроэкосистем в зоне воздействия радиационно опасных объектов. – М.: Изд-во ВНИИС-ХРАЭ, 2000. – 28 с.
3. МУ. Отбор проб объектов ветеринарного надзора для проведения радиологических исследований. – М., 1997.
4. Оценка современной радиационной обстановки р. Енисей на участке от г. Красноярска до г. Игарки: отчет о НИР / М.В. Ашанин, А.В. Носов, Е.В. Маслов [и др.]. – М., 1990. – 125 с.
5. Радиоактивное загрязнение р. Енисей, обусловленное сбросами Красноярского горнохимического комбината / А.А. Носов, М.В. Ашанин, А.В. Иванов [и др.] // Атомная энергия. – 1993. – Т. 74. – Вып. 2. – С. 144–150.
6. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2007 год (радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации) / Г.С. Пер-

минова [и др.]. – М.: ФГУЗ ФЦГиЭРоспотребнадзора, 2007. – 90 с.

7. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2008 год». – Красноярск, 2007. – 226 с.
8. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2009 год». – Красноярск, 2010. – 237 с.
9. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2010 год». – Красноярск, 2011. – 280 с.
10. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2011 год». – Красноярск, 2012. – 320 с.
11. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2012 год». – Красноярск, 2013. – 314 с.
12. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2013 год». – Красноярск, 2014. – 282 с.
13. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2014 год». – Красноярск, 2015. – 297 с.

### Literatura

1. Zakonomernosti raspredeleniya i migratsii radionuklidov v doline reki Enisej / F.V. Sukhorukov, A.G. Degemendzhi, V.M. Belolipetskij [i dr.]; nauch. red. V.F. Shabanov, A.G. Degermenzhi. – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, filial «Geo», 2004. – 286 s.
2. MU 13.5.13-00. Organizatsiya gosudarstvennogo radioehkologicheskogo monitoringa agroehkosistem v zone vozdejstviya radiatsionno opasnykh ob"ektov. – M.: Izd-vo VNIISKHRAEH, 2000. – 28 s.
3. MU. Otbor prob ob"ektov veterinarnogo nadzora dlya provedeniya radiologicheskikh issledovanij. – M., 1997.
4. Otsenka sovremennoj radiatsionnoj obstanovki r. Enisej na uchastke ot g. Krasnoyarska do g. Igarki: otchet o NIR / M.V. Ashanin, A.V. Nosov, E.V. Maslov [i dr.]. – M., 1990. – 125 s.
5. Radioaktivnoe zagryaznenie r. Enisej, obuslovlennoe sbrosami Krasnoyarskogo gornokhimicheskogo kombinata / A.A. Nosov, M.V. Ashanin, A.V. Ivanov [i dr.] // Atomnaya ehnergiya. – 1993. – T. 74. – Vyp. 2. – S. 144–150.
6. Rezul'taty radiatsionno-gigienicheskoy pasporti-

- zatsii v sub"ektakh Rossijskoj Federatsii za 2007 god (radiatsionno-gigienicheskij pasport Rossijskoj Federatsii) / G.S. Perminova [i dr.]. – M.: FGUZ FTSGiEHRosspotrebnadzora, 2007. – 90 s.
7. Gosudarstvennyj doklad «O sostoyanii i okhrane okruzhayushhej sredy v Krasnoyarskom krae za 2008 god». – Krasnoyarsk, 2007. – 226 s.
  8. Gosudarstvennyj doklad «O sostoyanii i okhrane okruzhayushhej sredy v Krasnoyarskom krae za 2009 god». – Krasnoyarsk, 2010. – 237 s.
  9. Gosudarstvennyj doklad «O sostoyanii i okhrane okruzhayushhej sredy v Krasnoyarskom krae za 2010 god». – Krasnoyarsk, 2011. – 280 s.
  10. Gosudarstvennyj doklad «O sostoyanii i okhrane okruzhayushhej sredy v Krasnoyarskom krae za 2011 god». – Krasnoyarsk, 2012. – 320 s.
  11. Gosudarstvennyj doklad «O sostoyanii i okhrane okruzhayushhej sredy v Krasnoyarskom krae za 2012 god». – Krasnoyarsk, 2013. – 314 s.
  12. Gosudarstvennyj doklad «O sostoyanii i okhrane okruzhayushhej sredy v Krasnoyarskom krae za 2013 god». – Krasnoyarsk, 2014. – 282 s.
  13. Gosudarstvennyj doklad «O sostoyanii i okhrane okruzhayushhej sredy v Krasnoyarskom krae za 2014 god». – Krasnoyarsk, 2015. – 297 s.

УДК 641.664.8.037.5

Е.Н. Неверов

### РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ АППАРАТА ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ТУШЕК ПТИЦЫ

E.N. Neverov

### THE DEVELOPMENT AND RESEARCH OF OPERATIONS MODES OF APPARATUS FOR BIRD CARCASSES COOLING

*В последние годы для холодильной обработки птицы в основном используются аппараты, работающие по принципу непосредственного контакта с диоксидом углерода. Недостатками этих контактных аппаратов являются: относительно низкая производительность, повышенный расход CO<sub>2</sub>, недостаточно эффективное его применение. В статье представлена конструкция аппарата для холодильной обработки птицы, позволяющая компенсировать эти недостатки. В Кемеровском технологическом институте пищевой промышленности (университете) на кафедре «Теплохладотехника» разработана действующая модель аппарата и произведены исследования некоторых режимов его работы. В процессе работы аппарата определено время охлаждения птицы, расход диоксида углерода при различных массах птицы и режимах работы аппарата. Предлагаемый аппарат для холодильной обработки птицы диоксидом углерода обладает повышенной производительностью, обеспечивает снижение расхода диоксида углерода, что делает его более эффективным при применении.*

**Ключевые слова:** аппарат, диоксид углерода, птица, сублимация, температурное по-

*ле, плотность теплового потока, исследование, коэффициент теплоотдачи, охлаждение, изотермы.*

*In recent years, for cold treatment of poultry there is a variety of devices, operating on the principle of direct contact with carbon dioxide. The disadvantages of these contactors are relatively low productivity, increased consumption of CO<sub>2</sub> and its not sufficiently effective use. The paper presents the design and operation of the refrigeration apparatus for processing poultry, construction of which is to compensate for these shortcomings. In order to implement the developed machine industry experts in the Kemerovo Technological Institute of Food Industry (University) on the faculty of heating and air conditioning a working model of the machine and made some studies of its operation modes were developed. During operation of the apparatus the cooling time of bird's flow of carbon dioxide at various masses poultry and apparatus modes was defined. The proposed device for refrigeration treatment of birds with carbon dioxide has increased productivity, it reduces the flow of carbon dioxide, is efficient in using.*

**Keywords:** apparatus, carbon dioxide, poultry, sublimation, thermal field, the heat flux density, re-