

Экология. Промышленная экология и медицина труда.

УДК 546.73:614.878.086.4:502.1

Гусаков Валерий Вадимович, Петренко Егор Игоревич

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Сибирский государственный медицинский университет»

Министерства здравоохранения Российской Федерации, Томск, Российская

Федерация

## **АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ БЕЗОПАСНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ, СВЯЗАННЫХ С КОБАЛЬТОМ.**

**Аннотация.** Обозначено, что наибольшая доля в добыче и переработке кобальта на территории России принадлежит Норильску. Выявлена корреляция между объективными данными о состоянии здоровья норильчан и симптомами, проявляющимися при отравлении кобальтом. Выдвинуто предположение о повышенном риске заболевания мегалобластной анемией у жителей деревень, стоящих на бедных кобальтом почвах. Выявлена видоспецифичность токсичной поглощенной дозы ионизирующего облучения, её порог существенно ниже утвержденного ВОЗ, ФАО и МАГАТЭ. Основной причиной появления  $^{60}\text{Co}$  в ходе ядерных испытаний и радиационных аварий является нейтронная активация железа, никеля и кобальта в составе грунта и стальных конструкций.

**Ключевые слова:** кобальт, добыча кобальта, Норильск, металл-токсикант, мегалобластная анемия, радиоактивный кобальт, ядерные испытания, радиобиология, нормы МАГАТЭ

Gusakov Valery, Petrenko Egor

## **ACTUAL QUESTIONS OF SECURITY LIFE ARRANGEMENT IN DIFFERENT SPHERES CONNECTED WITH COBALT**

**Annotation.** Designated that the most part of cobalt production and processing is belonged to Norilsk. There is correlation between objective information about Norilsk citizen's level of health and symptoms of cobalt intoxication. There was advanced a thesis about high risk of megaloblastic anemia of villagers, who lives on cobalt-deficient ground. It was revealed species specificity of toxic absorbed dose of ionizing radiation, it's limen significantly lower than asserted by WHO, FAO and IAEA. Fundamental reason of  $^{60}\text{Co}$  appearance is neutron activation of iron, nickel and cobalt per ground and iron structures.

**Keywords:** cobalt, cobalt production, Norilsk, toxic metal, megaloblastic anemia, radioactive cobalt, nuclear tests, radiobiology, standards of IAEA

### **Безопасность жизнедеятельности в области добычи кобальта.**

В 2013 году было установлено, что Россия по производству кобальта и кобальтовой продукции занимает второе место в мире после Демократической Республики Конго. Кроме того, по данным Федеральной службы государственной статистики, за восемь месяцев 2016 года производство необработанного кобальта выросло на 71,7% по сравнению с показателями 2015 года. Сегодня мы наблюдаем переход к производству кобальта как основного продукта, а не побочного результата добычи никеля. В связи со значительным повышением объемов выработки данного металла мы не могли оставить неосвещённым вопрос влияния кобальта на окружающую среду и человека.

В России добычу кобальтовых руд осуществляют четыре предприятия. Крупнейшим из них является ГМК «Норильский никель» (и входящая в его

состав «Кольская ГМК»), в состав которого входят рудники, разрабатывающие сульфидные медно-никелевые руды месторождений Норильского района и Кольского полуострова. На долю этих руд в последние годы приходится 92—93% общероссийской добычи никеля и кобальта. Ранее достаточно небольшие объемы кобальта выпускали «Уфалейникель» и «Южуралникель», но в последние годы эти предприятия остановили выпуск данного металла. Таким образом, рассмотрев конкретный город – Норильск – с точки зрения безопасности жизнедеятельности в условиях активной добычи кобальта, мы сможем в достаточной мере осветить тему в общем.

Сразу же обратим внимание на данные, представленные «The Guardian»: «Заполярный филиал «Норильского никеля» в 2015 году выбросил в атмосферу 1 883 000 тонн загрязняющих газов; большей частью это диоксид серы». Помимо оксида серы (IV), согласно «Информационно-техническому справочнику...», при производстве никеля и кобальта выбросы в атмосферу содержат неорганическую пыль, оксиды металлов (в частности, оксид кобальта, которого в 2009 году было выброшено в атмосферу около 37 тонн), мышьяк, оксиды азота, хлор, кислые газы.

В городе иногда выпадает черный снег, иногда — красный. Его исследования показали наличие широкого спектра металлов: никеля, меди, кобальта и других. Периодически в городе Норильск наблюдается густой туман из смога и газа, когда на расстоянии 200 м не видно зданий, туман вызывает зуд в горле. Зачастую фиксируются превышения предельно-допустимых концентраций (ПДК; для кобальта металлического и окиси кобальта - 0,5 мг/м<sup>3</sup>; такая же концентрация рекомендуется и для кобальта, входящего в состав смеси пылящих материалов; в США для металлического кобальта в виде дыма или пыли принята концентрация 0,1 мг/м<sup>3</sup>; в Норильске отмечалась максимальная разовая концентрация 35 ПДК). Более того, общий уровень загрязнения атмосферного воздуха на протяжении ряда лет является самым высоким в Российской Федерации. При такой экологической ситуации следует

ожидать появления у населения характерных симптомов профессиональных заболеваний. Это и происходит.

В прокуратуру было подано два заявления, говорящих о том, что «загрязнение атмосферного воздуха с превышающим объемом производственных выбросов с производственной площадки Заполярного филиала ОАО «ГМК «Норильский никель» распространяется на территорию санитарно-защитной зоны города, вызывая у граждан носовые кровотечения, аллергический ринит, кашель, головную боль, першение в горле, удушье и рвоту, что является следствием токсикации и признаками профзаболеваний... За последние года увеличилась смертность по причине увеличения количества заболеваний органов дыхания, а также сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний.

Населению вторят и органы власти. В структуре общей заболеваемости за I полугодие 2014 года второе место занимают болезни органов дыхания, а четвёртое и пятое – системы кровообращения и пищеварения соответственно. Роспотребнадзор в перечне территорий с достоверным превышением среднемноголетнего (1992-2008 гг.) краевого показателя заболеваемости населения эколого-зависимыми болезнями, выделяет г. Норильск по следующим заболеваниям:

- болезни органов дыхания;
- осложнения беременности и родов.

Таким образом, жалобы населения вполне соответствуют статистическим данным достоверных источников. Как же с этим коррелирует токсикологическое действие кобальта на организм?

Известно, что работающие в условиях воздействия пыли металлического Со (или его окислов) при стаже до и свыше 6 лет жалуются на кашель, одышку, тошноту, изжогу, боли в подложечной области. При обследовании 247 человек у 52 — гипотония, у 83 — заболевания верхних дыхательных путей, у 34— бронхиты, иногда с астмоидным компонентом, у 33 — пневмосклероз. Имеются

данные о том, что через 1 ч по окончании работы—раздражение слизистой зева, кровавая рвота, резко повышенная чувствительность живота, кишечные колики, повышение температуры, слабость в ногах. Выздоровление через 4 недели. Иногда при вдыхании пыли соединений Co наблюдаются случаи бронхиальной астмы. Большие дозы (500 мг CoCl в день) вызывают, кроме того, потерю аппетита, рвоту, понос. Кроме того, работающие в условиях воздействия пыли металлического Co (или его окислов) при стаже до и свыше 6 лет жалуются на кашель, одышку, тошноту, изжогу, боли в подложечной области.

Очевидно наличие корреляции между симптоматикой норильчан и представленными в исследуемой литературе симптомами. Важно отметить, что авторы не преследуют цели свести всю симптоматику к токсикологии кобальта. Мы считаем необходимым обратить внимание на существование вклада, при том, вероятно, весьма существенного, в общую картину. Особенно остро данная проблема встает в связи с резко возросшей добычей кобальта.

### **Кобальт как элемент пищевого рациона.**

Кобальт входит в состав витамина B<sub>12</sub>. Суточная потребность в витамине B<sub>12</sub> крайне мала и составляет всего 1-2 микрограмма. В организме содержится порядка 3-5 граммов кобаламина, в основном в печени.

Витамин B<sub>12</sub> в организм человека с пищей, связанный с белком. При кулинарной обработке пищи, а также в желудке под действием соляной кислоты и ферментов витамин B<sub>12</sub> высвобождается из пищи. Связываясь в процессе пищеварения с рядом веществ, в конечном счёте кобальт в составе витамина поступает в костный мозг, где используется для кроветворения, и в печень — там он депонируется и в дальнейшем при необходимости выделяется сначала в составе желчи в 12-перстную кишку, затем - всасывается вновь.

Заболевание, связанное с нарушением всасывания витамина В<sub>12</sub> называется болезнь Аддисона—Бирмера (злокачественная анемия, пернициозная анемия, мегалобластная анемия). По данным медицинской статистики, десятая часть всех анемий относится к этому типу. Ниже представлены некоторые её ненаследственные причины:

*Таблица № 1*

| Фаза адсорбции               | Причина дефицита   |
|------------------------------|--|
| События в желудке            | дефицит в пище, нарушение выделения витамина из пищи, дефицит внутреннего фактора: - дефицит секреции, - секреция аномального внутреннего фактора, - аутоиммунологические реакции, - хирургические операции; |
| События в кишечнике          | конкуренция с паразитами: бактериальный гипер-рост, глисты (солитеры), панкреатическая недостаточность;  |
| Адсорбция в тонком кишечнике | хирургические операции, заболевания, отсутствие двухвалентных ионов, нефункционирующая транспортная система через мембраны, лекарства, дефицит внутриклеточных связывающих белков.                           |

Ни животные, ни растения не способны синтезировать витамин В<sub>12</sub>. Это единственный витамин, вырабатываемый почти исключительно микроорганизмами, однако именно в животном организме Со связывается микробами в виде витамина. Травоядные, в свою очередь, получают кобальт из растительной пищи, содержание в которой исследуемого металла коррелирует с его содержанием в почве. При дефиците кобальта, по И. А. Каарде, микробный синтез витамина В<sub>12</sub> в пищеварительном тракте животных нарушается. Это особенно ярко выражено у жвачных, которые при недостатке кобальта подвержены риску гиповитаминоза В<sub>12</sub>. Вследствие недостатка витамина В<sub>12</sub> уменьшается его депонирование печенью и другими органами, потребляемыми в качестве пищи человеком. Таким образом очевидно, что содержание в почве

кобальта влияет на поступление его в организм человека, особенно в условиях деревни, когда большая часть потребляемого мяса производится дома.

Отечественные авторы анокальтоз регистрировали в местностях, где в почвах содержалось кобальта менее 2—2,3 мг/кг. Низкое содержание кобальта в почвах и произрастающих на них растениях не обеспечивает потребности организма растительноядных животных в этом элементе, а значит и потребности местных хозяйств. Таким образом, сравнив представленный показатель и соответствующую характеристику различных почв, можно обнаружить наиболее бедные кобальтом почвы для выявления дополнительной группы риска – жителей деревень на этих почвах.

Согласно ресурсу [www.pesticidy.ru](http://www.pesticidy.ru), дерново-подзолистые почвы наиболее бедны по содержанию данного металла, особенно, если они имеют легкий механический состав (0,45-14,0 мг/кг; распространены на юге лесной зоны Восточно-Европейской и Западно-Сибирской равнин, в России занимают около 15 % территории); болотистые почвы также содержат малое количество кобальта (0,8-5,2 мг/кг; встречаются на Западно-Сибирской равнине), за ними по его содержанию следуют почвы дерново-карбонатные (0,9-5,2 мг/кг; встречаются небольшими участками по всей Европе, однако, наибольшие площади они занимают в бассейне Вислы и на территории Беларуси – вне России), **засоленные** (1,7-8,8 мг/кг; распространены в Поволжье), сероземные (1,6 мг/кг; на юго-востоке Европейской части России – в Среднем и Южном Заволжье, Астраханской области).

Таким образом, мы полагаем, что в обозначенных регионах весьма высок риск возникновения мегалобластной анемии. Особенно важно отметить, что Поволжье - один из крупных животноводческих районов России, по численности поголовья крупного рогатого скота и численности овец занимает первое место в РФ. В обозначенных регионах необходимо соблюдение правильного режима питания как людей, так и животных.

## Применение радиоактивного кобальта в сельском хозяйстве

В настоящее время в сельском хозяйстве широко применяются биофизические свойства гамма-лучей, одним из главных источников которого является распад  $^{60}\text{Co}$ . В частности, это облучение с целью: активации и инактивации посевного материала зерновых, предотвращения прорастания овощей, борьбы с вредными насекомыми, стерилизации продуктов птицеводства при оспе и дифтерите, увеличения плодовитости сельскохозяйственных животных. Перечисленное имеет непосредственное отношение к здоровью человека, поэтому крайне важно обозначить грань между допустимой используемой и токсичной дозами облучения.

Продовольственной и Сельскохозяйственной Организацией ООН в содружестве с Международным Агентством по Атомной Энергии и Всемирной Организацией Здравоохранения была сделана оценка безопасности употребления облученных пищевых продуктов человеком. На совещании этой Комиссии в 1980 году было сделано заключение о том, что облучение любых пищевых продуктов в дозах до 10 кГр не представляет токсикологической опасности и поэтому проверка обработанных таким образом продуктов питания на токсичность более не требуется.

Установление верхней границы безопасной дозы облучения для всех продуктов сельского хозяйства, не обезопасило в полной мере потребителей, так как практически у каждого сельскохозяйственного продукта есть специфичный порог чувствительности к облучению.

С помощью цитоморфологического анализа живых клеток тканей картофеля С. С. Сванидзе установлено, что при облучении клубней дозами 0,05 кГр в клетках не происходит глубоких изменений. При обработке дозами 0,1 и 0,15 кГр в некоторых клетках образуются пузыревидные ядра, механизм образования которых обусловлен исчезновением мембран ядер и появлением



новых их форм в виде пузыревидных вакуолей. При увеличении дозы облучения до 0,2 кГр в большинстве клеток не обнаруживались ни ядра, ни цитоплазматические включения. Это происходило в результате разрыва внутренних и поверхностных мембран клетки. Дозы в 0,25 и 0,3 кГр вызывают полное разрушение клеток. Наряду с этим в клетках накапливаются продукты окисления фенолов (хлорогеновой, кофейной кислот, тирозина), которые при пероральном введении животным оказывают мутагенное действие. Однако при хранении они постепенно исчезают (через 4 мес. не обнаруживаются), а также инактивируются при нагревании.

При стерилизации возбудителей фитопатогенных заболеваний необходимо учитывать зачастую существенную разницу между стерилизующей и патогенной дозой. Различная чувствительность возбудителей и растений к облучению может являться причиной патологических изменений в самих растениях. Так специалистами Национального института питания в Риме установлено, что доза радиации в 3 кГр является стерилизующей только для трех видов грибов, поражающих плоды: *Botrytis cinerea*, *Monilia fructigenum*, *Penicillium italicum*. Для других же возбудителей фитопатогенных заболеваний плодов и овощей стерилизующие дозы намного выше 3 кГр, то есть значительно превосходят допустимые дозы радиации. Так, для лимонов стерилизующая доза против грибов *Aspergillus citi* и *Penicillium deqitatum* колеблется от 5 до 10 кГр. Опасный же порог облучения лимонов лежит в пределах 2—3 кГр. Стерилизующая доза облучения для основного возбудителя садовой земляники *Rhizopus* составляет 5 кГр, а опасная доза — 3 кГр.

По данным Р. С. Чурюкина и С. А. Гераськина при облучениях  $^{60}\text{Co}$  ячменя в дозах 10-20 Гр наблюдается достоверное увеличение длины корешка. Максимальное увеличение длины зафиксировано при дозе 20 Гр. Но остальные исследованные дозы (2-8 и 50 Гр) ингибируют рост главного корня. Значительное увеличение мощности дозы облучения семян от 20 Гр\ч до 350

Гр/ч ведёт к достоверному угнетению развития корня при всех дозах. Если облучению подвергается пыльца, дозу уменьшают в 1,5—2 раза.

При облучении ионизирующим излучением дозой 5,76 Гр кур В.В. Паком были получены данные о нарушении биосинтеза информационной РНК в печени кур, что может свидетельствовать о нарушении при действии радиации транскрибирующегося комплекса и всего генома в целом.

В научной литературе описаны результаты гамма-облучения  $^{60}\text{Co}$  (дозы 160 и 830 мГр) беременных собак. Количество потомков собак после облучения в дозе 160 мГр на восьмой день после спаривания увеличилось и составило 108–110% по сравнению с контролем. Облучение в дозе 160 мГр на всех стадиях развития не выявило отрицательных влияний на здоровье потомков собак, хотя при высокой дозе (830 мГр) количество потомков в помёте снижалось.

В заключение, порог токсичной поглощенной дозы ионизирующего излучения, выраженный в 10 кГр, является недостоверным, т.к. каждый сорт, порода, штамм, используемый в сельском хозяйстве, обладает собственным порогом токсичной поглощенной дозы ионизирующего излучения, которая значительно ниже утвержденной ВОЗ, ФАО и МАГАТЭ. Такой подход к регламентации использования ионизирующего излучения крайне опасен для потребителей сельскохозяйственных продуктов всего мира.

### **Влияние радиоактивного кобальта на биосферу**

Существенное влияние на биосферу  $^{60}\text{Co}$  оказывает в качестве продукта техногенных аварий и подземных и наземных ядерных испытаний. Так он был обнаружен на поверхности земли в местах, где проводились промышленные подземные ядерные взрывы «Тайга», «Кратон-3», «Кристалл», «Чаган», а также на площадках Семипалатинского полигона, где проводились советские

наземные ядерные и термоядерные испытания; на месте первого ядерного взрыва «Тринити» на полигоне Аламогордо (США); на площадках испытаний французского полигона в Алжире, в местах техногенных радиационных аварий (Бухта Чажма). Рассмотрим пример ядерного испытания и в нашей стране.

Проект «Тайга» — кодовое название проекта, разработанного в СССР с целью создания искусственного канала с помощью экскавационных групповых ядерных взрывов между реками Печора — Колва (Пермский край) для подпитки мелеющего Каспийского моря. Для создания канала планировалось провести 250 ядерных взрывов. Экспериментальный подрыв трёх ядерных зарядов был проведён 23 марта 1971 года, но впоследствии проект был закрыт из-за попадания радиоактивных частиц за территорию Советского Союза, что являлось нарушением Московского договора о запрещении ядерных испытаний в трёх средах.

Летом 2009 года ученые НИИ радиационной гигиены им. Рамзаева провели исследование радиационного загрязнения в области проведения взрыва. Были обнаружены области с повышенным фоном гамма-излучения, вызванного в основном изотопами  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{60}\text{Co}$ . С помощью гамма-спектрометрии были обнаружены изотопы  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{155}\text{Eu}$ , образовавшиеся в результате деления ядерных материалов; изотопы  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{94}\text{Nb}$ ,  $^{152}\text{Eu}$ ,  $^{154}\text{Eu}$ ,  $^{207}\text{Bi}$ , возникшие благодаря нейтронной активации стабильных изотопов в материалах ядерных взрывных устройств, стальных трубах и грунте; а также  $^{241}\text{Am}$ , продукт бета-распада  $^{241}\text{Pu}$ .

Крайне важно отметить, что  $^{60}\text{Co}$  образовался в результате нейтронной активации природных изотопов кобальта, железа и никеля, входивших в состав грунта и стальных труб, использованных для организации взрыва. Максимальные концентрации активности  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{241}\text{Am}$  для образцов почвы были измерены как 1650, 7100 и 6800 Бк кг<sup>-1</sup> (д.в). На берегах озера поверхностная активность различных радионуклидов (до глубины 20 см) составляет для  $^{137}\text{Cs}$  до 1000 кБк/м<sup>2</sup>, для  $^{60}\text{Co}$  до 300 кБк/м<sup>2</sup>, для  $^{241}\text{Am}$  до 900

кБк/м<sup>2</sup>. Максимальное значение (почти на 3 порядка) превышало региональный уровень (от глобальных осадков), равный 1,4 кБк м<sup>-2</sup>.

Радионуклиды <sup>241</sup>Am и <sup>60</sup>Co составляют около 40% от общего количества. Ввиду различия в периодах полураспада, на 1979 год расчётная мощность дозы была на 95 % обусловлена вкладом <sup>60</sup>Co, в 2039 году она будет в основном (90 %) обеспечиваться <sup>137</sup>Cs.

В лишайниках, растущих вблизи тех районов, где производились взрывы, было обнаружено содержание <sup>60</sup>Co. В настоящее время озеро, подвергшееся влиянию ядерного испытания, является популярным местом рыбалки для жителей других близлежащих сёл, его берега известны обилием съедобных грибов. Место взрыва также посещают люди, которые собирают металлолом, оставшийся на месте взрыва. Тем самым, население с большой вероятностью подвержено токсикологическому действию <sup>60</sup>Co.

Критическими органами для кобальта являются печень и селезенка, в которых сосредоточивается до 30% активности всего тела. Всасывание соединений кобальта из желудочно-кишечного тракта и легких происходит крайне медленно и слабо (десятые и сотые доли процента от поступившего количества). При прохождении изотопа через кишечник и дыхательные пути основное облучение их происходит в ранние сроки, что и определяет клинические проявления этого периода. Изотоп относится к категории средне- или слаботоксичных. Введение крысам по 100-500 мкКи/кг снижает содержание гликогена в печени и угнетает активность фосфоорилазы. Ежедневное введение <sup>60</sup>Co под кожу по 12,5 мкКи/кг вызывает через 6-7 месяцев повышение проницаемости кожи кроликов, изменение крови (эритропении, лимфопения), гемосидероз органов, внутриутробную гибель плодов и развитие опухолей.

Таким образом, при проведении ядерных испытаний специалисты должны учитывать возможное образование  $^{60}\text{Co}$  опосредованно через нейтронную активацию ряда компонентов организации взрыва.

### **Список использованной литературы:**

1. Анализ добычи и производства кобальта в России [Электронный ресурс] // MetalResearch – 2013. – URL: [http://www.metalresearch.ru/rus\\_cobalt\\_analysis.html](http://www.metalresearch.ru/rus_cobalt_analysis.html) (дата обращения: 27.03.2017).
2. В России значительно выросло производство кобальта [Электронный ресурс] // Научно-производственная компания «Интеграл». – 2016. – Электрон. дан. – URL: <http://integral-russia.ru/2016/10/20/v-rossii-znachitelno-vyroslo-proizvodstvo-kobalta/> (дата обращения: 20.03.2017).
3. Luhn A. Where the river runs red: can Norilsk, Russia's most polluted city, come clean [Электронный ресурс] // The Guardian. – 2016. – URL: <https://www.theguardian.com/cities/2016/sep/15/norilsk-red-river-russias-most-polluted-city-clean> (дата обращения: 28.02.2017).
4. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 22-2016 "Очистка выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух при производстве продукции (товаров), а также при проведении работ и оказании услуг на крупных предприятиях": приказ Росстандарта от 15 декабря 2016 г. № 1880. : по состоянию на 20 апреля 2017 г. – М. : Бюро НТД, 2016. – 198 с.
5. Из-за ОАО «ГМК «Норильский никель» увеличилась смертность от заболеваний органов дыхания [Электронный ресурс] // Альянс зеленых – 2013-14. – URL: <http://russian-greens.ru/node/2659> (дата обращения: 31.01.2017).
6. Вредные вещества в промышленности: справочник для химиков, инженеров и врачей. Изд. 7-е, пер. и доп. Т. 3. Неорганические и

элементорганические соединения / под ред. засл. деят. науки проф. Н. В. Лазарева и докт. биол. наук проф. И. Д. Гадаскиной. - Л.: «Химия», 1977. - 608 с.

7. Попсуевич О. Н. Итоги участия в государственных программах Красноярского края за I полугодие 2014 года / начальник управления экономики, планирования и экономического развития О.Н. Попсуевич. – 2014. – 161 с.

8. Полнухин А. Вся грязь «Норильского никеля» [Электронный ресурс] // Политическая гвардия. – 2010. – URL: [http://starguard.ru/articles/rubric\\_18/article\\_91](http://starguard.ru/articles/rubric_18/article_91) (дата обращения: 11.03.2017).

9. Промышленное загрязнение окружающей среды в Норильске [Электронный ресурс] // БезФормата.Ru – 2012. – URL: <http://norilsk.bezformata.ru/listnews/zagryaznenie-okruzhayushej-sredi-v-norilске/5211184/> (дата обращения: 02.03.2017)

10. Биохимия: Учеб. для вузов / под ред. Е.С. Северина. – М.: ГЭОТАР-МЕД, 2003. - 779 с.

11. Огороков, А. Н. Диагностика болезней внутренних органов. Т. 4 Диагностика болезней системы крови / А. Н. Огороков. – М.: Медицинская литература, 2001. – 512 с.

12. Биохимия животных: учебник для вузов по спец. "Зоотехния", "Ветеринария". Изд. 3-е, перераб. и доп. / А. И. Кононский. - М.: Колос, 1992. - 522 с.

13. Кобальт: вред и польза [Электронный ресурс] // Портал аналитической химии – 2013. – URL: <http://www.chemical-analysis.ru/novosti-saita/kobalt-vred-i-polza.html> (дата обращения: 23.03.2017).

14. Ковда В. А. Происхождение и режим засоленных почв. Т. 1—2 / В. А. Ковда. - М.: Изд-во АН СССР - 1946—47.

15. Волобуев В. Р. "Промывка засоленных почв" / В. Р. Волобуев. - Баку, Азернешр, 1948.
16. Грунтознавство: Підручник / под ред. професора І.І. Назаренка. — Киев: Вища освіта, 2004. — 400 с.
17. Поволжский экономический район [Электронный ресурс] // BioFile.Ru. – URL: (дата обращения: 23.03.2017)
18. Продукты питания богатые кобальтом [Электронный ресурс] // Food and Health – URL: <http://foodandhealth.ru/mineraly/produkty-pitaniya-bogatye-kobaltom/> (дата обращения: 25.03.2017).
19. Коэй Я. Лучевая обработка пищевых продуктов // Бюллетень МАГАТЭ, - Т.- 23. - № 3. - С. 37-41.
20. Сванидзе С.С. Влияние электрообработки картофеля на прорастание клубней // Хранение и переработка картофеля, овощей и плодов, винограда. - М. :Колос, 1979.
21. Чурюкин Р. С., Гераськин С. А. Влияние облучения (  $^{60}\text{Co}$ ) семян ячменя на развитие растений на ранних этапах онтогенеза // Радиация и риск (Бюллетень НРЭР).- 2013. - Т. 22. –№3. - С. 80-92.
22. Докучаева И.С. Проблемы технологии лучевой стерилизации пищевых продуктов / И.С. Докучаева, Г.Х. Гумерова, Е.Г. Хакимова // Вестник Казанского Технологического Университета. - 2016. - № 17. – С. 169-171.
23. Пак В.В. Реакция организма кур на действие ионизирующих излучений: Автореферат диссертации др. биологических наук / В.В. Пак. – М. – 2001. - 355 с.
24. Angleton G.M., Benjamin S.A., Lee A.C. Health effects of low- level irradiation during development: experimental design and prenatal and early neonatal mortality in beagles exposed to  $^{60}\text{Co}$  gamma rays // Radiat. Res. – 1988. – V. 115(1). – P. 70–83.
25. V. Ramzaev, V. Repin, A. Medvedev, E. Khramtsov, M. Timofeeva Radiological investigations at the “Taiga” nuclear explosion site: Site

description and in situ measurements // Journal of Environmental Radioactivity. - 2011. - Vol. 102. - Вып. 7. - P. 672-680.

26. V. Ramzaev, V. Repin, A. Medvedev, E. Khramtsov, M. Timofeeva Radiological investigations at the “Taiga” nuclear explosion site, part II: man-made  $\gamma$ -ray emitting radionuclides in the ground and the resultant kerma rate in air // Journal of Environmental Radioactivity. - 2012. - Vol. 109. - P. 1-12.

27. Glasstone S. The Effects of Nuclear Weapons / Samuel Glasstone and Philip J. Dolan; edited by Philip J. Dolan. – Washington: United States Department of Defense and Department of Energy, 1977. – 657 p.  
Cobalt Bombs and other Salted Bombs [Электронный ресурс] / Carey Sublette // The Nuclear Weapon Archive. A Guide to Nuclear Weapons. – 1998. – URL: <http://nuclearweaponarchive.org/Nwfaq/Nfaq1.html#nfaq1.6>