

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ТУЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт горного дела и строительства
Кафедра «Охрана труда и окружающей среды»

Утверждено на заседании кафедры
«Охрана труда и окружающей среды»
« 24 » 01 2022 г., протокол № 6

Заведующий кафедрой



В.М. Панарин

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ
СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)
«ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ТРУДОВОГО ПРОЦЕССА»**

**основной профессиональной образовательной программы
высшего образования – программы бакалавриата**

по направлению подготовки
20.03.01 Техносферная безопасность

с направленностью (профилем)
Безопасность труда

Формы обучения: очная, заочная

Идентификационный номер образовательной программы: 200301-02-22

Тула 2022 год


(подпись)

ВВЕДЕНИЕ

Целью освоения дисциплины (модуля) является обеспечение комплексной, всесторонней и качественной подготовки квалифицированных, конкурентоспособных специалистов в области техносферной безопасности на основе формирования у обучающихся компетенций, определяющих высокий уровень развития личностных качеств, а также компетенций, характеризующих способность и готовность обучающегося выполнять профессиональные функции, в соответствии с требованиями ФГОС по данному направлению подготовки с учётом направленности (профиля) образовательной программы, а именно получение знаний и навыков применения средств защиты человека и окружающей среды от антропогенного воздействия; формирование готовности к применению и внедрению в производство методов и средств защиты человека и среды обитания от опасностей; правила нормирования антропогенного воздействия на окружающую природную среду; формирование способности решать профессиональные задачи по минимизации техногенного воздействия на природную среду за счёт использования современных технических средств для достижения финансовой устойчивости и эффективности деятельности производственных организаций; формирование компетенций трудовой деятельности в конкурентоспособной среде на рынке труда в сфере промышленной экологии.

Задачами освоения дисциплины (модуля) являются:

- формирование комплекса базовых знаний в сфере промышленной экологии и навыков профессиональной деятельности по защите человека и окружающей среды на уровне производственного предприятия, а также деятельности в чрезвычайных ситуациях природного генезиса, навыков взаимодействия с органами надзора и контроля в области обеспечения техносферной безопасности;
- знакомство с принципами нормирования антропогенного воздействия на окружающую природную среду, источником которого выступают промышленные технологии;
- знакомство с процедурами контроля за соблюдением государственных требований в области обеспечения техносферной безопасности;
- знакомство с порядком применения средств защиты человека и природных сред от антропогенного воздействия;
- развитие готовности к применению и внедрению в производство методов и средств защиты человека и среды обитания от опасностей, сопряжённых с реализацией промышленных технологий;
- развитие способностей обучающихся решать задачи по минимизации техногенного воздействия на природные среды и комплексы, включая конкретные природно-технические системы, за счёт использования современных технических средств для достижения финансовой устойчивости и эффективности деятельности производственных организаций;
- развитие навыков обучающихся по профессиональной деятельности в конкурентоспособной среде в сфере промышленной экологии.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОС.
ИСТОЧНИКИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ.
РАДИАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ.
РАДИАЦИОННАЯ ОБСТАНОВКА В ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ**

1. Физические загрязнения и их влияние на здоровье человека

Специалисты выделяют четыре группы загрязнений, наносящих вред среде и здоровью человека: загрязнения физические, или энергетические, химические, биологические и эстетические. По природе явления первые условно делятся на загрязнения механические, такие как вибрация, шум, инфразвук и ультразвук, электромагнитные и радиационные.

К химическим загрязнениям относят набор веществ, выбрасываемых в среду различными предприятиями, а также продукты их трансформации. Биологические загрязнения, как правило, связаны с разработкой и применением биологических препаратов. Эстетические нарушения анализирует эстетика ландшафта. Речь идет о новом научном направлении, изучающем красоту и живописность естественных и антропогенных ландшафтов, особенности их художественного восприятия и оценки.

Влияние энергетических загрязнений на здоровье человека детально изучено сотрудниками Военно-медицинской академии Санкт-Петербурга. Так, воздействие звука с частотой 5-100 Гц вызывает ощущение дискомфорта, тревоги и страха, чувство вибрации и головокружение. В результате увеличивается время зрительной реакции, растет число ошибок операторской деятельности. Входным контуром по отношению к инфразвуку служит рецепторное поле всего организма. Поэтому формируется болезнетворный импульс, по силе превосходящий травматический шок, нарушающий функции головного мозга. Колебания с частотой 4 Гц сказываются на работе сердца, с частотой 2-16 Гц – на работе легких.

Акустические шумы в диапазоне от 16 Гц до 20 кГц воздействуют на органы слуха и другие внутренние органы и также считаются мощным источником опасности. При длительных контактах с источником наиболее опасны уровни звукового давления свыше 80 дБА. Для военных специалистов допустим уровень в 90 дБА. Увеличение уровня шума с 70 до 100 дБА снижает вероятность правильного приема сообщений с 75 до 30 %. Так называемая шумовая болезнь может носить специфический и неспецифический характер. В первом случае поражаются органы слуха, во втором – другие органы и системы организма. В результате обостряется течение гипертонической болезни, возможны атеросклероз сосудов,

нарушение коронарного и мозгового кровообращения, обострение язвенной болезни.

Ультразвук характеризуется частотой свыше 20 кГц и в основном поражает центральную нервную систему.

Миллион лет эволюционное развитие человека шло под влиянием физических полей различной природы. Но лишь в XX веке на его жизнедеятельности начинают сказываться искусственные электромагнитные поля. Спектр электромагнитных полей простирается от низкочастотного радиоволнового диапазона (3 кГц) до ионизирующих излучений (3 000 ГГц). Особо выделяют диапазон от 3 до 30 ГГц, известный как сверхвысокие частоты, или СВЧ-диапазон.

К антропогенным источникам электромагнитного загрязнения окружающей среды относят линии электропередач, радио- и телевизионные передающие станции, радиолокационные и навигационные средства, лазерные маяки. Даже влияние бытовых электроприборов может превышать фоновые характеристики поля. Наиболее неблагоприятные условия складываются в населенных пунктах, расположенных вблизи аэропортов и военных баз. Снижение уровней поля от данных источников невозможно в силу специфики выполняемых задач.

Механизмы влияния СВЧ полей на биологические системы изучены достаточно хорошо и в основном сводятся к тепловым эффектам на уровне молекул, клеток, тканей и органов. Важная роль в этих процессах принадлежит воде: на частоте 30 ГГц ею поглощается около 98 % энергии СВЧ излучения.

В биологических системах СВЧ-излучение вызывает резонансные эффекты. Например, от длины волны излучения зависит прочность связей белковых молекул. Под влиянием микроволн регистрируется выход ионов Са из мозговой ткани, снижается ферментативная активность и проницаемость клеточных мембран, что сказывается на биохимии всего организма. В мощных полях изменения становятся необратимыми и ведут к летальному исходу.

В целом совокупность биохимических изменений, вызванных воздействием электромагнитных волн СВЧ диапазона, именуют радиоволновой болезнью. К основным симптомам заболевания относят головную боль, нарушение сна, беспокойство и повышенную раздражительность. Как правило, радиоволновая болезнь возникает в случаях грубого нарушения техники безопасности либо превышения допустимых уровней облучения на местности.

Таким образом, установление биофизических и биохимических основ безопасной жизнедеятельности человека является одним из приоритетных направлений современной науки.

2. Радиоактивность. Закономерности радиоактивных процессов

В 1896 году французский физик Антуан Анри Беккерель при изучении люминесценции¹ солей урана обнаружил самопроизвольное испускание ими излучения неизвестной природы, которое действовало на фотозмульсию, ионизировало воздух и проникало сквозь тонкие металлические пластинки. Данное излучение супруги Мария и Пьер Кюри назвали радиоактивным излучением.

Ныне под радиоактивностью понимают способность некоторых атомных ядер самопроизвольно превращаться в другие ядра с испусканием различных частиц. Различают радиоактивность естественную и искусственную. Первая характерна для неустойчивых природных изотопов; вторая – для изотопов, синтезированных человеком. В ядерной физике подчеркивается, что природа изотопа не влияет на его свойства и законы распада, поскольку эти свойства обусловлены лишь структурой атомного ядра.

Ядром называют положительно заряженную центральную часть атома, в которой сосредоточена вся масса атома. Атомное ядро любого элемента (кроме водорода) состоит из протонов и нейтронов. Протон и нейтрон признаются двумя зарядовыми состояниями одной ядерной частицы, называемой нуклоном.

Изотопами называют ядра одного и того же элемента с различным числом нейтронов. Другими словами, изотопы имеют одинаковые Z , но разные A .

Радиоактивный распад относят к статистическим явлениям. Поэтому выводы, следующие из законов радиоактивного распада, имеют вероятностный характер. Например, нельзя сказать, когда данное ядро распадется, но можно предсказать, какова вероятность его распада за рассматриваемый промежуток времени.

Скорость распада определяется периодом полураспада, то есть временем, за которое распадается половина из первоначально имевшихся ядер. Так, за 5 млрд лет существования Земли распалась незначительная часть тория-232 и около половины урана-238.

Практически все методы наблюдения и регистрации радиоактивных излучений основаны на их способности производить ионизацию и

1 Люминесценция (от лат *lumen* – свет и *-escent* – слабое действие) – свечение некоторых веществ, называемых люминофорами, избыточное по отношению к тепловому излучению тела при данной температуре и возбужденное каким-либо источником энергии: светом, радиоактивными и рентгеновскими излучениями, электрическим полем, энергией химических превращений, механическими воздействиями.

возбуждение атомов среды. Вторичные эффекты, сопровождающие эти процессы, такие как вспышки света, электрический ток, потемнение фотопластинки, позволяют регистрировать пролетающие частицы, отличать друг от друга и измерять энергию частиц. Например, широко распространенный сцинтилляционный счетчик позволяет регистрировать прохождение частицы через данный объем пространства и определять её энергию. Специальные фотоэмульсии позволяют фотографировать треки частиц в веществе.

3. Радон

Одним из источников ионизирующих излучений считаются аэрозоли, поступающие в атмосферу в результате работы предприятий ядерного цикла, испытаний ядерного оружия, выветривания урансодержащих пород, а также газообразные радионуклиды: криптон-85, радон-220, радон-222 и тритий. Так, даже при штатной работе реакторов в атмосферу поступает криптон-85 с периодом полураспада 10,22 года, образующийся при делении урана-235. Криптон – инертный газ, который нельзя удалить, связав в какое-либо соединение. Он лишь разбавляется воздухом и находится в атмосфере, пока полностью не распадется. Часть криптона в составе аэрозолей оседает вблизи источника выброса.

Однако наибольший вклад в формирование естественной радиоактивности вносят изотопы 222-го и 220-го радона. Последний часто называют торон. Его содержание в воздухе в 20 раз меньше, чем радона. Радон не имеет цвета и запаха, в 7,5 раз тяжелее воздуха, растворяется в воде. Как и его родители – изотопы урана и тория, радон является альфа-излучателем. В процессе распада он трансформируется в другие альфа-излучатели: изотопы свинца, висмута, полония и таллия. Эти продукты являются уже твердыми веществами.

Подобно материнским радионуклидам, радон и торон присутствуют в большинстве горных пород и строительных материалов. После образования радон начинает просачиваться через микротрещины пород и грунтов, захватывается газовыми потоками и, несмотря на ограниченное время жизни, вовлекается в перенос. Причем естественная убыль радона постоянно компенсируется за счет распада урана и тория.

В атмосферу помещений радон попадает различными путями: поступает из почвы через щели в фундаменте, выделяется из строительных материалов и конструкций, поступает с водой, особенно артезианской, и бытовым газом. Из воды радон выводится в ходе её дегазации с последующим выделением из воздушных пузырьков. Наиболее интенсивно процесс идет при резком падении давления на выходе воды из источника, её разбрызгивании, испарении и кипении.

Замеры показывают, что вклад техногенных радионуклидов в формирование дозовых нагрузок населения много меньше, чем вклад природного радона.

4. Техногенное загрязнение окружающей среды радионуклидами

Другим источником загрязнений выступают последствия радиационных аварий, осложненные миграцией радионуклидов в окружающей среде. Наиболее крупными признаны авария реактора американской АЭС в Три-Майл-Айленде в 1979 году и Чернобыльская катастрофа в 1986 году.

Значительный вклад в загрязнение внесли испытания ядерного оружия. В Советском Союзе взрывы ядерных устройств проводились с 1949 по 1990 годы. За этот период было осуществлено 715 испытаний и взорвано 969 устройств. Для испытания ядерного оружия организованы два полигона: в 1948 году – Семипалатинский полигон и в 1954 году – Северный испытательный полигон Новая Земля.

Существенный вклад в загрязнение вносят предприятия топливного цикла. Речь идет о предприятиях по добыче радиоактивных руд и извлечению из них урана и тория, о заводах по изготовлению тепловыделяющих элементов, предприятиях по переработке отработанных элементов и извлечению из них радиоактивных материалов, о заводах по консервации и захоронению радиоактивных отходов.

Озабоченность вызывает использование ядерных установок на аппаратах, запускаемых в космос. Попадая в плотные слои атмосферы, эти спутники сгорают, что ведет к накоплению радиоактивных атмосферных аэрозолей. В последние 20 лет существования СССР были запущены около 30 спутников с ядерными реакторами на быстрых нейтронах мощностью до 100 кВт. Их полная загрузка высокообогащенным ураном составляла около 30 кг. За 20 лет запусков было три случая падения спутников на Землю: два – в океан и один – на территорию Канады в окрестности Большого Невольничьего озера (1978).

К загрязнению природных сред приводит работа тепловых электростанций, сжигающих в своих топках уголь, содержащий уран и продукты его распада. При сгорании эти радионуклиды переходят в аэрозоли, выбрасываются в атмосферу и со временем выводятся на подстилающую поверхность.

Радиоактивное загрязнение может происходить и через фосфатные минеральные удобрения. В небольших количествах уран и торий содержатся в исходном сырье для производства удобрений – минерале апатит.

5. Нормативная документация. НРБ-99

Расширение спектра источников радиационного загрязнения обусловило разработку жестких требования безопасности, предъявляемых к окружающей человека природной среде.

Предельно допустимые уровни ионизирующих излучений устанавливаются «Нормами радиационной безопасности» (НРБ-99). Этот документ является главным правовым актом в области радиационной безопасности и содержит набор определений и терминов, устанавливает основные дозовые пределы, ПДК радиоактивных веществ в воздухе, в воде открытых водоемов, допустимое содержание радиоактивных веществ в органах и другие нормативы. На их основе разрабатывается регламент работ с источниками ионизирующих излучений и радиоактивными отходами. Главными принципами, заложенными в НРБ-99, являются следующие:

- 1) не превышать установленные дозовые пределы;
- 2) исключать необоснованное облучение;
- 3) снизить дозу облучения до возможно низкого уровня.

6. Радиационная опасность: традиционный подход

Набор патологий, вызываемых высокими дозами радиации, известен: выявляются нарушения работы центральной нервной системы, желудочно-кишечного тракта, органов дыхания, половых желез, надпочечников, гипопфиза и щитовидной железы, что в конечном итоге сказывается на общем состоянии организма.

Экологическая опасность радионуклидов обусловлена их способностью концентрироваться в пищевых цепях. Так, цезий-137 включается в биохимические процессы подобно калию и накапливается в мягких тканях организмов, а стронций-90 – подобно кальцию и накапливается в костях. В яйцах гусей, гнездящихся на загрязненных речных островах, концентрация радиофосфора может превышать фон в 2 млн раз. Процесс накопления радионуклидов начинается с фитоценозов. К примеру, эффективным поглотителем загрязнений выступает тундровая и степная растительность, что сказывается на качестве мяса пастбищных животных. Эта проблема весьма актуальна для России.

7. Принцип дезактивации пищевых продуктов

Защита населения, проживающего на загрязненных территориях, сводится к переселению в безопасные районы или снабжению чистыми продуктами питания.

Известно, что наиболее радиоактивным звеном является навоз животных. Поэтому при выпасе скота на одних и тех же пастбищах продукция может загрязняться радионуклидами. Это определяет актуальность исследований, нацеленных на разработку технологий дезактивации пищевых продуктов, получаемых на домашних подворьях и в крупных хозяйствах. Материал для исследований получен в белорусских хозяйствах с плотностью загрязнения радиоцезием от 1 до 80 Ки/кв. км.

Механизм дезактивации основан на диффузии цезия из биологических тканей в раствор поваренной соли в водопроводной воде. Усиление эффекта достигается за счет периодической замены использованного раствора свежим и дальнейшим вывариванием продукта. В итоге концентрация радионуклида снижается до временно допустимого уровня. Для территорий с фоновой радиацией он составляет: для мяса, рыбы, овощей и грибов – $5,0 \cdot 10^{-8}$ Ки/кг, а для картофеля – $2,0 \cdot 10^{-8}$ Ки/кг. Для продукции, полученной на загрязненных территориях временно допустимый уровень составляет $1,0 \cdot 10^{-8}$ Ки/кг.

8. Радиационная опасность: нетрадиционный подход.

Радиация как фактор биологической эволюции

До недавнего времени учеными рассматривалась лишь верхняя, летальная граница радиационного воздействия и исключалась необходимость радиации как фактора нормального развития организмов. Экспериментальное обнаружение стимулирующего действия низких доз радиации заставляет менять эту позицию.

Согласно представлениям эволюционной радиоэкологии человека, радиация не является каким-то особым, уникальным экологическим фактором и её воздействие на организм подчиняется общебиологическим законам. Правда, сторонники традиционной количественной радиобиологии отрицают возможность адаптивных изменений под воздействием радиации, поскольку не обнаружены специальные рецепторы, которые воспринимали бы действие радиации. Согласно этому подходу, биологический эффект облучения вреден всегда и при любых дозах. В отдельных случаях говорится о том, что радиоустойчивость присуща некоторым видам и принципиально недопустима у человека.

Поэтому не может существовать безвредных для наследственности малых доз радиации.

И все же представления о радиационном факторе как ксенобиотике, обладающем только деструктивным действием, по-видимому, не соответствуют действительности. По некоторым данным, не обнаруживается вредного для здоровья не только среднего, но и относительно повышенного уровня радиации. Иными словами, человек способен адаптироваться в пределах весьма широкого диапазона воздействий. В отношении нижней границы говорится о том, что жизнь вообще невозможна вне радиационного фона, тем более, что в природе бесфоновых условий не существует.

Радиостойчивость зависит от многих факторов, но главным является здоровье человека. Радиостойчивость максимальна в зрелом возрасте. В первые годы жизни, особенно в эмбриональный период, а также на этапе старении она низкая. Экспериментально установлено наследуемое повышение или ослабление радиостойчивости под влиянием облучения родительского поколения.

Для любых адаптивных процессов характерны пороговые зависимости, сопровождающиеся изменением качества реакций. Подобная пороговость присуща и действию радиационного фактора. Так, если при высоких дозах радиации продолжительность жизни резко сокращается, то при малых дозах она не меняется или даже увеличивается. Научным комитетом по действию атомной радиации ООН установлено, что при длительном облучении в дозах, превышающих природный фон до 500 раз (менее 0,01 Гр в неделю), средняя продолжительность жизни не уменьшается. Например, уровень смертности, оцененный в трех поколениях японских семей, не отличался в районах с высоким и средним уровнем радиационного фона. Такой же результат был получен по материалам метрических записей отдельных областей Чехо-Словакии. Высказываются предположения о возможном увеличении средней продолжительности жизни в районах с повышенным радиационным фоном вследствие уменьшения частоты сердечно-сосудистых патологий и новообразований.

Необходимо подчеркнуть, что оптимальный для развития уровень радиации в основном соответствует природному фону. Такой уровень не влияет отрицательно на здоровье людей, не сказывается на продолжительности жизни, не приводит к увеличению частоты новообразований. За пределами этого оптимального диапазона в организме включаются резервные механизмы. Зачастую усиление обменных процессов в режиме напряженной адаптации даже стимулирует жизнедеятельность организма. Эта полезная форма стимуляции называется хормезис. В этом случае организм без вредных последствий для здоровья купирует возникающие

изменения. При больших дозах, находящихся за пределами гомеостаза, происходит дезадаптация организма: развитие лучевой патологии и гибель.

Таким образом, роль радиационного фактора в зарождении и эволюции жизни на Земле требует дальнейшего изучения. Однако для построения общей схемы филогенеза информации уже достаточно. Опираясь на известные факты, ученые пытаются сформулировать радиационные закономерности микроэволюции популяций. Исследования эволюционных механизмов радиоустойчивости и норм реагирования на излучения являются теоретической базой для разработки экологического и гигиенического нормирования радиационных воздействий.

9. Мониторинг радиационный

Общее понятие и процедуры экологического мониторинга мы рассмотрели в первой лекции.

Здесь лишь повторим, что под экологическим мониторингом понимают систему регулярных длительных наблюдений в пространстве и во времени, поставляющую информацию о состоянии окружающей человека среды с целью оценки её параметров в прошлом и настоящем, а также прогноза на будущее. Международная система экологического мониторинга разработана на основе рекомендаций конференции ООН 1972 года. В нашей стране единая государственная система экологического мониторинга появилась в 1993 году.

По свидетельству академика **Ю.А. Израэля**, разработка подсистемы радиационного мониторинга была обусловлена потребностью в достоверной информации о картине радиоактивного загрязнения территории Советского Союза, необходимой для надежной оценки и прогноза радиационной обстановки.

В начале 50-х годов это была принципиально новая задача, поскольку существовавшие к тому времени системы наблюдения за химическим загрязнением природных сред имели дело с достаточно изученными процессами и меньшими временными масштабами. Опыт наблюдений за радиоактивным загрязнением в других странах оказался недостаточен для разработки эффективной отечественной системы мониторинга. Проблемы были связаны и с отсутствием надежных методов и средств наблюдения за радиоактивностью.

Важнейшей составной частью радиационного мониторинга является контроль уровней загрязнения природных сред радионуклидами и создаваемой ими мощность дозы гамма-излучения.

Количество радионуклидов, поступающих от различных источников и обеспечивающих заметный вклад в загрязнение, составляет несколько десятков. Мощность дозы гамма-облучения, помимо состава, свойств и

содержаний радионуклидов, определяется закономерностями их миграции и накопления в природных средах.

Радиационный мониторинг включает в себя три подсистемы, созданных с середины 50-х и до второй половины 60-х годов.

1. Оперативный мониторинг территорий и загрязненных воздушных масс с использованием дистанционных гамма-измерений: аэро- и автомобильных лабораторий. Широкомасштабные съемки внутри страны и за рубежом, включающие измерения мощности дозы и радионуклидного состава излучателей, начали проводиться с 1954 года Институтом прикладной геофизики Академии наук и другими организациями.

2. Систематические наблюдения на существующей сети гидрометеорологических станций за радиоактивностью воздуха и атмосферных выпадений, в том числе исследования выпадений на горизонтальные планшеты, измерения мощности дозы гамма-излучения, отбор проб атмосферных аэрозолей путем их осаждения на фильтрах. С 1968 года эти наблюдения являются составной частью программы ГСН.

Наземная сеть позволяет прогнозировать многолетние тренды радиоактивности и оперативно обнаруживать глобальное, региональное и локальное загрязнение при испытаниях ядерного оружия и крупных авариях. Однако она не может дать необходимой для решения ряда практических задач детальной картины загрязнения в силу ограниченного числа пунктов наблюдения.

3. Эпизодические наблюдения за радиоактивностью воды и воздуха на базе научно-исследовательских судов. До 1988 года эта составляющая включала более 15 судов, укомплектованных радиохимическими лабораториями, и позволяла обнаруживать радиоактивные продукты в любой точке Мирового океана, а также контролировать вынос радионуклидов с территории России и сопредельных государств.

Составной частью подсистемы радиационного мониторинга является картирование загрязнений.

Процесс создания среднемасштабных (1 : 200 000) и мелкомасштабных (1 : 1 000 000) карт, отражающих загрязнение больших территорий, был отработан в ходе изучения радиационной обстановки после аварии на ЧАЭС. Карты наиболее загрязненных территорий с плотностью загрязнения радиоцезием свыше 1 Ки/кв. км, базировались на результатах дистанционных гамма-съемок и результатах гамма-спектрометрии наземных почвенных проб. По значимости для построения карт оба блока информации рассматриваются как равные.

При создании карт радиоактивного загрязнения преследуются следующие цели:

1) научно систематизировать эмпирический материал о радиоактивном загрязнении;

2) в процессе разномасштабного картографирования в обобщенном и детальном виде показать уровень загрязнения территорий;

3) создать карты, достоверные и удобные для применения различными пользователями, в том числе научными сотрудниками, представителями администрации и населением.

Карты радиоактивного загрязнения способствуют решению следующих задач:

1) служат основой для планирования развития хозяйства на загрязненных территориях, включая разработку особых способов природопользования;

2) служат основой для обеспечения выполнения государственного законодательства, в том числе ФЗ «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС»;

3) предоставляют исходную информацию для проведения оценок воздействия радиоактивного загрязнения на человека, живые организмы и экосистемы;

4) позволяют определить суммарное количество выпавшего радионуклида и выделить участки с различными уровнями загрязнения и режимами использования.

Общепринятым инструментом построения качественных карт и инструментом управления природной средой становятся ГИС-технологии. При этом специалисты подчеркивают, что любая карта является лишь моделью реальной действительности, но не самой действительностью, которая в ряде случаев может оказаться более сложной, более изменчивой, чем это отражено на карте. Необходимо также помнить, что каждый масштаб картографирования отвечает различным исследовательским целям.

10. Радиационная обстановка в Тульской области в сравнении с обстановкой в Калужской области

В значительной мере радиационная обстановка в Тульской области обусловлена последствиями Чернобыльской катастрофы 26 апреля 1986 года.

Взрыв четвертого реактора АЭС привел к разогреву его активной зоны до 5000° С. В результате над ним образовался факел, в котором происходило насыщение нижних слоев атмосферы частицами ядерного топлива, графитовых стержней, силикатов, применявшихся для «гашения» реактора, а также частицами конденсации летучих соединений. Верхние слои насыщались продуктами сублимации легкокипящих радионуклидов. Радиоактивные выпадения в ближней зоне (до 200 км) содержали частицы

размером от 15 до 30 мкм, а в дальней зоне (до 600 км) – от 1 до 5 мкм. Общая активность выброса превысила 50 млн Ки.

Наиболее мощные потоки частиц выбрасывались из реактора в течение первых трех дней. Тогда в 10 км от реактора мощность экспозиционной дозы достигала 1 миллиона мкР/час при высоте факела более 1 200 м.

Аэрозольная компонента выброса переносилась на высоте около 4 км. В составе диспергированного топлива содержалось не менее 70 радионуклидов, объединенных в 41 цепочку распада. При осаждении и вымывании осадками она сформировала многочисленные поля и пятна радиоактивного загрязнения.

В аэрозолях содержались растворимые в воде карбиды ядерного топлива, что создало реальную опасность загрязнения водозаборов Украины, Белоруссии и западных районов России. Однако дальнейшие события показали, что преимущественно в атмосферный перенос были вовлечены тонкодисперсные частицы, представленные набором радионуклидов, удерживаемых в матрице диоксида урана. И именно скорость разрушения топливной матрицы определяла свойства этих частиц.

На миграции аэрозолей сказалась синоптическая обстановка в Восточно-Европейском регионе, которая сначала обеспечила выпадение радионуклидов в Украине, Белоруссии, Польше, Чехии, Ленинградской области РФ, южной Финляндии и Швеции, а после 27 апреля выпадениями были охвачены восточные районы Белоруссии и центральная часть РФ. В итоге сформировались Брянско-Белорусское и Тульско-Калужское поля загрязнений. Чернобыльские радионуклиды были отмечены в Сибири и Китае и даже пересекли Тихий океан. В результате возникла глобальная нуклеарная система радиоактивного загрязнения.

В результате Чернобыльской катастрофы на территории *Тульской области* загрязнению подверглись 18 административных территорий на площади 15 тысяч кв. км с населением 923 тысячи человек (56 % территории области и 60 % сельскохозяйственных угодий).

В настоящее время к зоне радиоактивного загрязнения относят 1 300 населенных пунктов с населением 710 тысяч человек. В зону проживания с правом на отселение (плотность загрязнения свыше 5 Ки/кв. км) попали 122 населенных пункта с населением 30 тысяч человек. Остальные были отнесены к зоне проживания с льготным социально-экономическим статусом.

Текущая радиационная обстановка определяется тремя факторами:

1) последствиями чернобыльской катастрофы;

2) наличием техногенного фона, обусловленного ядерными испытаниями и радиационными происшествиями;

3) наличием естественного фона, связанного с космическим излучением и природными радионуклидами.

По данным Тульского НИИГП (И.Т. Самарцев), в настоящее время чернобыльские выпадения в основном представлены цезием-137. Однако в составе почв цезий обнаруживался всегда. В доаварийный период плотность загрязнения дерново-подзолистых и серых лесных почв составляла около 0,05 Ки/кв. км, а черноземов – около 0,15 Ки/кв. км.

Общая картина чернобыльского загрязнения отражена на картах Госгидромета и представлена зонами с содержанием радиоцезия в интервалах 1-5, 5-10 и свыше 10 Ки/кв. км. Детальные исследования показали, что в пределах каждого контура цезий размещен весьма неравномерно – отдельными пятнами. Как правило, пятна обнаруживаются на участках с отрицательным рельефом: в долинах рек и ручьев, оврагах и балках. В населенных пунктах пятна формируются под водостоками с крыш и в канавах.

По мнению специалистов, пятна сформировались в результате дальнейшей миграции радиоцезия в ландшафтах и вследствие антропогенной деятельности. Так, на полях, где исходный уровень загрязнения не превышал 5 Ки/кв. км, после сжигания соломы загрязнение увеличилось до 10 Ки/кв. км. Радиоактивные ореолы наблюдаются вдоль грунтовых дорог, выходящих из зон загрязнения, и в донных отложениях рек. Так, в отложениях Упы и Оки концентрация радиоцезия достигает 70 и 230 Бк/кг даже в сотнях километров от источников загрязнения. Миграция радиоцезия обусловлена его переносом дождевыми, талыми и паводковыми водами в составе частиц почв и грунтов.

При изучении вертикального распределения загрязнения оказалось, что на целинных землях около 85 % цезия сосредоточено в верхнем 10-сантиметровом гумусовом горизонте. На обрабатываемых площадях содержание цезия остается постоянным до глубины 20-30 см, а затем быстро снижается. Но известны и другие случаи. Например, если на участке распространены песчанистые почвы со слабо развитым гумусовым горизонтом, а ниже залегают глинистые отложения, то максимум содержания радиоцезия отмечается именно в глинах.

В настоящее время контроль гамма-фона ведется силами Центра госсанэпиднадзора Тульской области с учетом неравномерности распределения радиоцезия. В середине 90-х гамма-фон загрязненных территорий составлял от 16 до 40 мкР/час, достигая на отдельных участках Плавского района 140 мкР/час (в мае 1986 года он достигал 3 500 мкР/час).

В последние годы радиационная обстановка существенно не изменилась: продолжает сохраняться тенденция к её стабилизации и снижению основных показателей. Гамма-фон составляет от 10 до 16 мкР/час и лишь в Плавском районе достигает 32 мкР/час. В рамках выполнения ФЦП «Преодоление последствий радиационных аварий на период до 2010 года» и областной целевой программы «Дети Чернобыля» радиологическими лабораториями ежегодно исследуется свыше 10 тысяч проб питьевой воды, продуктов питания и сельскохозяйственного сырья (в основном – на содержание цезия-137 и около 2 тысяч проб – на содержание стронция-90). Превышение требований СанПиНа 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» по содержанию цезия и стронция не выявлено.

Из порядка 700 проб питьевой воды в 4 % случаев (в Богородицком, Заокском, Одоевском, Плавском, Узловском районах и Туле) отмечается превышение нормативов по суммарной альфа-активности, установленных СанПиНом 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству вод централизованных систем водоснабжения».

Среднегодовые эффективные эквивалентные дозы облучения населения, проживающего на загрязненных территориях, составляют менее 1 мЗв в год и формируются они в основном за счет внешнего облучения. В Плавском районе верхний предел указанной дозы не превышает 0,8 мЗв в год. За 70-летний период средней продолжительности жизни накопленная доза не превышает дозового критерия в 70 мЗв, используемого для определения степени воздействия радиации на население в пострадавших районах.

От трети до четверти всей дозовой нагрузки населения обеспечивают медицинские радиологические процедуры: в среднем 0,75 мЗв на каждую процедуру. Несмотря на некоторое снижение этой составляющей, остаются проблемы с обеспечением лечебных учреждений современным обо-рудованием, с заменой морально устаревшего и физически изношенного оборудования (50 %), с обоснованностью назначения рентгенодиагностических исследований.

Мероприятия по ограничению облучения от природных источников – главным образом, радона – включают обследование существующих и вновь построенных зданий и сооружений, а также определение радоноопасных территорий на стадии отвода участков под строительство. На некоторых участках активность радона в подземных водах превышает 100 Бк/л. Постоянное употребление такой воды в некипяченом виде опасно для человека. В опасных концентрациях радон может накапливаться в воздухе банно-прачечных комбинатов, выделяясь при нагревании воды. Поэтому ежегодно проводится 5-6 тысяч подобных

исследований в Алексинском, Богородицком, Ефремовском, Новомосковском, Щекинском и Узловском районах и городе Туле.

В области проводится радиологический контроль привозного и местного минерального сырья и строительных материалов. Ежегодно исследуется свыше 600 проб. По результатам исследований все стройматериалы отнесены к 1 классу применения (строительство объектов жилого и социально бытового назначения), согласно «Нормам радиационной безопасности НРБ-99».

Результаты мониторинга физических факторов, загрязняющих окружающую среду Тульской области, публикуются в Тульском экологическом бюллетене.

Таким образом, в целом санитарно-эпидемиологическая обстановка в нашем крае признается специалистами стабильной.

На территории соседней *Калужской области* радиационная обстановка также стабильна. Наибольший вклад в общую дозу стандартно вносят природные источники (75 %) и медицинское оборудование (22 %). Вклад глобальных выпадений и прошлых аварий составляет чуть более 3 %, а вклад предприятий, использующих источники ионизирующего излучения, – 0,12 %.

Основную часть общей дозы формируют изотопы радона и их короткоживущие дочерние продукты. Около 70 % дозы медицинского облучения создают рентгеноскопические и флюорографические исследования.

На территории Калужской области находятся 9 загрязненных районов с 350 населенными пунктами, в которых проживает около 88 тысяч человек. В 3 наиболее загрязненных районах показатели заболеваемости незначительно превышают средние областные, а в остальных загрязненных районах фактическая заболеваемость в два раза ниже областных показателей.

В целом по Калужской области уровень гамма-фона близок к естественному. Поэтому приоритетными задачами являются снижение доз облучения граждан от природных и техногенных источников ионизирующего излучения путем выполнения требований «Единой системы контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан», а также контроль за радиационной безопасностью населения, проживающего на загрязненных территориях.

Для определения удельной активности цезия-137 и стронция-90 ежегодно исследуется около 5 000 проб пищевых продуктов. Из них не отвечает нормативам менее 2 % проб дикорастущей продукции, собранной на наиболее загрязненных участках. Все 100 % строительных материалов по радиационным показателям соответствуют 1 классу.

11. Физические факторы Тульского региона в сравнении с физическими факторами Калужского региона

В отношении физических факторов санитарно-гигиеническая обстановка в Тульской области из года в год усложняется. Серьезную озабоченность специалистов вызывают последствия влияния на человека электромагнитных полей. Изучается возможная связь роста количества источников ЭМИ и динамики заболеваемости населения. Остается невыясненным вопрос нормирования воздействия физиотерапевтических источников ЭМИ.

К потенциально опасным с точки зрения ЭМИ объектам относят станции радио- и телевидения, сотовой телефонии, спутниковой и радиорелейной связи, промышленное оборудование и персональные компьютеры.

Самым мощным источником внешнего электромагнитного облучения является Тульский радиотелевизионный центр. На его башнях установлено оборудование мощностью около 200 кВт. Согласно расчетам, выполненным Самарским отраслевым научно-исследовательским институтом радио, уровень электромагнитного загрязнения прилегающих к центру территорий близок к критическому показателю (0,993→1), установленному СанПиНом 2.2.4/2.1.8.055-96 «Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона». Инструментальные замеры фактических превышений нормативных показателей пока не выявили. В городах Ефремов, Белев, Суворов и поселке Куркино превышений также не выявлено.

В связи с развитием сотовой телефонии актуальными становятся исследования влияния индивидуальных источников ЭМИ. По данным Центра госсанэпиднадзора в Тульской области, превышений допустимых уровней поля от этих источников не наблюдается. Правда, не соответствуют нормативам 96 % всех используемых компьютеров. С появлением игровых залов и интернет-кафе, где основными посетителями являются дети и подростки, проблема гигиенического нормирования уровней ЭМИ становится еще более острой.

На производстве наиболее опасными источниками ЭМИ являются высоковольтные линии электропередач (500кВ), силовые установки и установки индукционного нагрева, СВЧ-генераторы, дефектоскопы, а также оборудование физиотерапевтических кабинетов.

Внимание специалистов привлекает проблема аэроионизации воздуха закрытых помещений. Замеры показывают, что 100 % рабочих мест не соответствуют нормативам по содержанию отрицательных ионов кислорода. Систематическое аэроионное голодание ведет к расстройству

клеточного метаболизма, снижает электрические потенциалы клеток, тканей и органов, вызывает повреждение печени, почек и сердечно-сосудистые аномалии.

Пребывание в атмосфере с большим количеством положительных аэроионов вызывает общую слабость, нервозность, головные боли и может привести к депрессии, тахикардии и аллергическим заболеваниям.

Контроль за воздействием на население уровней вибрации и шума ведется со стадии предупредительного надзора. Замеры проводятся при отводе участков под строительство, при забивке свай вблизи существующих домов, при приеме в эксплуатацию котельных и зданий, имеющих лифтовое оборудование.

Регулярные замеры физических факторов проводятся по жалобам населения. Свыше 75 % всех жалоб приходится на долю шума, по 5 % – на долю вибрации, электромагнитных излучений, микроклимата и освещенности. Обоснованные претензии предъявляют жильцы первых этажей квартир с ориентацией окон на крупные транспортные магистрали. Возможен перевод таких помещений в разряд нежилых.

Общая заболеваемость населения, проживающего в шумных кварталах, в 5 раз превышает заболеваемость персонала, работающего в тех же условиях. При этом возрастает риск развития вегетососудистой дистонии, функциональных нарушений нервной системы, повышается утомляемость, снижается умственная активность.

В рамках мониторинга окружающей среды измерения уровней шума проводятся на границе СЗЗ крупных промышленных предприятий, таких как «Тулачермет», «Гипс Кнауф», Черепетской ГРЭС. На самих предприятиях нормативам по шуму не отвечает 30 % рабочих мест и 15 % – по вибрации. На шумовую и вибрационную патологии приходится 20 % профзаболеваний, выявленных в последние 5 лет.

На территории *Калужской области* структура общего объема измерений физических факторов такова: освещенность – 60 %, микроклимат – 34 %, шум – 4 %, электромагнитное излучение – 1 %, вибрации – 0,4 %, измерения ультрафиолетового и лазерного излучений, уровня аэроионизации – 0,6 %.

На территории области расположено 4 крупных радиотелевизионных центра и 14 центров средней мощности, 9 объектов автоматического управления воздушным движением, 2 гражданские радиолокационные станции, 27 радиорелейных станций, 350 объектов радиосвязи, 13 наземных станций спутниковой связи.

ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОГО КЛИМАТА

Согласно материалам Института глобального климата и экологии под руководством академика **Юрия Анатольевича Израэля**, Изменения современного климата изучаются по данным инструментальных наблюдений. Для приземной атмосферы продолжительность подобных наблюдений составляет чуть более 100 лет, для свободной атмосферы – около 50 лет.

Современный климат сложился около 1 млн лет назад. Его особенностью являются систематические колебания от холодных ледниковых условий к более теплым межледниковым условиям. В свою очередь, эти колебания связаны с изменениями поступления солнечной энергии, которые связывают с изменениями орбитальных параметров Земли как планеты.

Существует четко выраженный ритм климатических изменений длительностью около 100 тысяч лет и ряд других ритмов.

Современный климат соответствует финальной стадии очередного межледникового периода. Однако ученые полагают, что это состояние может продлиться.

Наиболее полная и объективная оценка изменений климата возложена на *Межправительственную группу экспертов* по изменению климата. Согласно отчетам этой организации, в среднем для всего земного шара за XX столетие приземная температура воздуха выросла на $0,3...0,6^{\circ}$.

Потепление по-разному проявляется в различных регионах Земли. Например, в центральных областях Тихого океана и ряде районов Атлантики регистрируется снижение температуры, а в центральных районах континентов – более заметное повышение температуры. В результате формируется ситуация, называемая климатологами «холодный океан – теплая суша». Это ведет к увеличению перепадов давления и температуры и большей нестабильности климата.

Региональные особенности потепления определяются климатическими ритмами продолжительностью годы – десятилетия. На эти особенности накладываются эффект действия т.н. «парниковых газов» и атмосферных аэрозолей. В результате повторяемость климатических изменений, к которой привыкли люди, сложным образом меняется.

Помимо температуры, потепление сказывается и на круговороте воды – т.н. гидрологическом цикле, что имеет прямое отношение к энергетике, экономике и геополитике. Однако изменения гидрологического цикла изучены хуже, поскольку основаны на результатах исследований в акваториях океанов.

По данным *Всемирной метеорологической организации* 90-е годы оказались самыми теплыми за весь период инструментальных наблюдений. Период с 1550 по 1850 годы климатологи называют «малым ледниковым периодом». С тех пор средняя температура воздуха и Северного, и

Южного полушарий выросла примерно на $0,6^{\circ}$, что составляет $0,06^{\circ} / 10$ лет.

Скорость потепления заметно увеличилась после 1960-х годов и для Северного полушария составила $0,3^{\circ} / 10$ лет (для всего мира – $0,2^{\circ}$). Некоторые специалисты связывают это с уменьшением содержания озона.

Закономерности изменения параметров климата РФ в целом соответствуют закономерностям для всего Северного полушария: в XX веке температура росла до 40-х годов, несколько снизилась до 60-х годов и вновь начала быстро расти в последние десятилетия. Правда, небольшое похолодание 50-60-х годов на Европейской территории страны проявилось слабо. В целом же за последние 100 лет температура воздуха в пределах Европейской территории страны выросла на $0,9^{\circ}$. За последние 2-3 десятилетия потепление в России развивается со скоростью около 5° за 100 лет. Важно подчеркнуть, что наиболее заметны эффекты потепления зимой и весной, а летом и осенью возможные аномалии температуры составляют не более 15 %.

Однако существуют и области т.н. отрицательных трендов летних температур: это – север Европейской территории страны, Северный Кавказ и часть Причерноморья.

Оценки изменения осадков менее надежны. В масштабах Земли наблюдался рост осадков до 50-х годов XX века, а затем их уменьшение. Правда, в Северном полушарии севернее 50-й широты рост осадков продолжается до сих пор. Для РФ в целом за период с 1936 по 1999 годы тренд осадков был почти нулевым. В Европейской части наблюдался прирост на уровне $+6$ мм/ 100 лет. В южных и восточных областях страны возрастает засушливость климата.

Ученые отмечают и нарастание экстремальности климата, что наиболее заметно проявляется в теплый период года в Сибири и на Дальнем Востоке.

В целом, к 2100 году ученые ожидают повышение среднегодовых температур на 1...4 градуса. При этом наиболее заметно потепление может сказаться на высоких широтах Северного полушария. Неоднородность потепления также возрастет. Рост осадков в холодное время года в средней полосе составит 10-30 %. Заметно увеличится частота и интенсивность сильных осадков – мощного фактора водной эрозии. Рост температурных и барических контрастов между сушей и океаном увеличит частоту ураганов и штормов. Правда, сами климатологи не считают эти оценки слишком надежными. К тому же многое зависит от принимаемых геополитических решений.

Разработка конкретных рекомендаций для органов государственного управления и хозяйствующих субъектов базируется на данных

информационной системы *«Последствия изменения климата для Российской Федерации»*.

Одним из последствий потепления называют увеличение частоты и интенсивности наводнений, что вызовет затопление и заболачивание значительных площадей, в т.ч. сельскохозяйственного назначения, и одновременно повысит т.н. водность рек, что положительно скажется на развитии гидроэнергетики.

Отрицательные последствия связаны и с деградацией вечной мерзлот, а положительные – с повышением комфортности климата для проживания и экономической деятельности, а также с ростом сельскохозяйственного производства. Одновременно возрастут затраты на кондиционирование зданий.

Допускается также значительное изменение картины природной зональности, в т.ч. смещение границ соответствующих природно-климатических зон на север. Изменится видовой состав растительных сообществ, возрастет продуктивность лесных массивов и качество древесины. По-видимому, леса смогут поглотить часть углекислого газа и тем самым несколько компенсировать развитие потепления. Правда, свои коррективы может внести вовлеченная в разложение избыточная биомасса и пожары. Проблема поглощения избыточной углекислоты важна с точки зрения перераспределения квот на выброс парниковых газов, которые становятся все более ликвидным товаром. Создание системы учета механизмов поглощения парниковых газов является одной из важнейших задач, заявленных в Киотском протоколе.

В РФ площадь земель лесного фонда, непокрытых, однако, лесом, составляет около 100 млн га. Почти все эти земли находятся в азиатской части страны. В перспективе эти территории могут стать т.н. «киотскими лесами», снижающими темпы потепления. Этому же может способствовать омолаживание лесов Восточной Сибири и Дальнего Востока, защита лесов от пожаров, борьба с болезнями и вредителями леса, лесоразведение на рекультивированных участках, снижение потерь при заготовке древесины и ряд других мероприятий.

По мнению академика-соруководителя Международной программы исследований глобального изменения природной среды и климата академика **Георгия Сергеевича Голицина** (Институт физики атмосферы РАН), заметно сказывается на изменениях климата *вулканическая деятельность*. Например, в июне 1991 года на Филиппинах произошло мощное извержение вулкана, сопровождавшееся выбросами сероводорода. Прореагировав с парами воды, сероводород дал аэрозоль серной кислоты. В результате на два года уменьшилось поступление на землю солнечной радиации, а средняя температура приземной атмосферы уменьшилась на несколько десятых градуса и восстановилась лишь к 1996

году. В целом, влияние однократного извержения на климат признается кратковременным и не слишком заметным.

В целом, по мнению академика Г.С. Голицына, «с проблемой углекислого газа человечество вряд ли справится... Надо будет как-то приспособливаться с учетом того, что к концу XXI столетия средняя температура вырастет на несколько градусов».

Библиографический список

1. Волков. А.В. Конспект лекций по дисциплине «Общая экология»/ А.В. Волков: ТулГУ, каф. ОТиОС. – Тула, 2019. – 102 с. – Режим доступа: <http://tsutula.bibliotech.ru/Reader/Book/2014100616013338205400007993>, по паролю.
2. Зайцев В.А. Промышленная экология [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Зайцев В.А. – Электронные текстовые данные. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2021. – 527 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12265/> – ЭБС “IPRbooks”, по паролю.
3. Гридэл Т.Е. Промышленная экология [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Гридэл Т.Е., Алленби Б.Р. – Электронные текстовые данные. – М.: ЮНИТИ – ДАНА, 2020. – 527 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12830/> – ЭБС “IPRbooks”, по паролю.
4. Шилов И.А. Экология: учеб. для вузов. 8-е изд. – М.: Юрайт, 2016. – 512 с. – (Основы наук.)
5. Общая экология: учеб. для вузов/ Э.М. Соколов [и др.]. – М.-Тула: 2001. – 172 с.