

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**



**Белорусский национальный  
технический университет**

**Строительный факультет**

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ГЕОТЕХНИКИ, ЭКОЛОГИИ И ЗАЩИТЫ  
НАСЕЛЕНИЯ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

**Материалы 73-й студенческой  
научно-технической конференции**

**Секция «Геотехника и экология в строительстве»**

**28 апреля 2017 года**

***Электронный учебный материал***

**Минск  
БНТУ  
2017**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

Строительный факультет

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ГЕОТЕХНИКИ, ЭКОЛОГИИ И ЗАЩИТЫ  
НАСЕЛЕНИЯ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Материалы 73-й студенческой  
научно-технической конференции

Секция «Геотехника и экология в строительстве»

28 апреля 2017 года

*Электронный учебный материал*

Минск  
БНТУ  
2017

УДК 502/504+614.8.084.+624.15(06)

**Редакционная коллегия:**

**В. А. Сернов** – канд. техн. наук, доцент,  
зав. кафедрой «Геотехника и экология в строительстве»;

**Т. В. Тронда** – магистр техн. наук, ассистент  
кафедры «Геотехника и экология в строительстве»  
(ответственный редактор, ответственный секретарь)

**Рецензенты:**

**М. И. Никитенко** – д-р техн. наук, профессор  
кафедры «Геотехника и экология в строительстве»;

**В. Н. Кравцов** – канд. техн. наук, доцент, зав. лабораторией  
конструкций фундаментов «Институт БелНИИС»;

**И. Л. Бойко** – канд. техн. наук, доцент  
кафедры «Мосты и тоннели» ФТК БНТУ

Сборник содержит материалы 73-й студенческой научно-технической конференции «Актуальные проблемы геотехники, экологии и защиты населения в чрезвычайных ситуациях». В сборнике освещены материалы пленарного заседания, посвященные проблемам защиты населения и окружающей среды, современным и экономичным конструкциям нулевого цикла и вопросам инженерной геологии.

Предназначено для научно-педагогических работников, студентов, магистрантов и аспирантов.

Регистрационный номер БНТУ/СФ56-40.2017

© Белорусский национальный  
технический университет, 2017

## СОДЕРЖАНИЕ

### **РАЗДЕЛ 1 ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ И СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИЗЫСКАНИЙ ..... 7**

*Белич М. Н.*

Магнитосфера планеты Земля..... 8

*Житко А. В., Маржацкий П. Е.*

Методы определения гранулометрического состава грунта ..... 12

*Лемешко М. П., Ганевич А. М.*

Глина в Республике Беларусь: происхождение и применение ..... 16

*Рубаник И. В.*

Кремний..... 20

### **РАЗДЕЛ 2 СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ МЕХАНИКИ ГРУНТОВ И ФУНДАМЕНТОСТРОЕНИЯ..... 24**

*Аввад Лидия, Аввад Лана*

Прогноз дефектов исторических зданий на примере Сирии:  
дворец Аль-Азем ..... 25

*Жегало Е. В.*

Расчет оснований и ограждающих конструкций по двум  
группам предельных состояний ..... 29

*Жерносек В. Л., Новик С. А., Хурс И. Д.*

Изменение влажности слабой водонасыщенной супеси при  
устройстве армодренирующих элементов из сухой бетонной  
смеси ..... 33

***Жерносек В. Л., Новик С. А., Хурс И. Д.***

Набор прочности армодремирующими элементами из сухой бетонной смеси в слабой водонасыщенной песе..... 37

***Кохан П. В., Каплич А. С***

Исследование взаимного влияния свай в грунте с использованием программного комплекса PLAXIS 2D ..... 41

***Мусагулов А. С.***

Прогноз дефектов исторических зданий: мавзолеев Ходжа Ахмеда Ясави..... 45

***Полещук Е. В., Нудный С. А.***

Расчет осадок свайного фундамента с учетом мирового и отечественного опыта строительства ..... 49

***Чешейко А. Н., Репах А. А.***

Строительство в слабых водонасыщенных грунтах ..... 54

***Шарапиденов А. А.***

Реконструкция исторических зданий и сооружений в сложных геотехнических условиях..... 58

### **РАЗДЕЛ 3**

**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО И  
ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ..... 62**

***Акулова А. А., Драченко А. С.***

Влияние долгостроя на окружающую среду..... 63

***Арийчук Д. В., Тихон К. Н.***

Радиационно-экологические исследования в строительстве ..... 67

***Барановская А. А., Кукунина А. А.***

Сланцевый газ..... 72

<b><i>Голобородова А. К.</i></b>	
Целлюлоза и её производные .....	75
<b><i>Голёнок Ю. Н., Манюк А. Н.</i></b>	
Очищение природных вод .....	79
<b><i>Ерофеева А. А., Марина Д. А.</i></b>	
Экологически грамотный потребитель товаров .....	83
<b><i>Каптур Д. А.</i></b>	
Сохранение озонового слоя Земли.....	87
<b><i>Кузьмина А. В.</i></b>	
Национальная экологическая сеть .....	91
<b><i>Матвиевский А. С., Ярош В. А.</i></b>	
Компактные станции очистки сточных вод .....	95
<b><i>Панчук А. А., Солоненко А. А.</i></b>	
Инновационный строительный блок .....	99
<b><i>Синьков О. А., Почапский А. А.</i></b>	
Влияние лесных пожаров на окружающую среду.....	101
<b><i>Слепица М. С.</i></b>	
Сохранение водно-болотных угодий при формировании национальной экологической сети.....	104
<b><i>Судас М. И., Федорович В. Н.</i></b>	
Радиационный контроль при строительстве тоннелей и подземных сооружений.....	109
<b><i>Юшкевич Н. В.</i></b>	
Эвтрофикация .....	113

<b>РАЗДЕЛ 4</b>	
<b>ЗАЩИТА НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ТЕХНОГЕННЫХ И ПРИРОДНЫХ КАТАСТРОФАХ.....</b>	<b>117</b>
<b><i>Бородич А. А., Майчук Д. В.</i></b>	
Мегацунами как стихийное бедствие .....	118
<b><i>Герасимчук П. Н., Холопук Н. С.</i></b>	
Сравнение последствий аварий Чернобыльской АЭС и АЭС Фукусима-1 .....	122
<b><i>Горбач А. А., Смирнов Е. А.</i></b>	
Крупнейшие стихийные бедствия 21 века .....	126
<b><i>Денисюк Е. А.</i></b>	
Оценка прочности внешней защитной оболочки реакторного отделения АЭС при падении самолетов разных типов.....	130
<b><i>Качкарик П. В., Чайковская Ю. Л.</i></b>	
Туризм в зоне ЧАЭС .....	137
<b><i>Козловская Ю. И., Поддубная А. Г., Смирнова Е. С.</i></b>	
Обстановка по ядерному оружию в мире.....	141
<b><i>Панасовец А. И.</i></b>	
Пути и способы восстановления нормальной радиационной обстановки на загрязнённых радионуклидами территориях РБ ....	145

## **РАЗДЕЛ 1**

# **ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ И СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИЗЫСКАНИЙ**

## МАГНИТОСФЕРА ПЛАНЕТЫ ЗЕМЛЯ

**Белич М. Н.**

Научный руководитель – Уласик Т. М.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

### **Введение**

Планета Земля состоит из литосферы (твердое тело), атмосферы (воздушная оболочка), гидросферы (водная оболочка), биосферы (сфера распространения живых организмов) и магнитосферы.

Согласно современным представлениям, Земля образовалась примерно 4,5 млрд лет назад, и с этого момента нашу планету окружает магнитное поле. Все, что находится на Земле, в том числе люди, животные и растения, подвергаются его воздействию.

**Магнитное поле Земли** – это область вокруг нашей планеты, где действуют магнитные силы. Вопрос о происхождении магнитного поля до сих пор окончательно не решен. Однако большинство исследователей сходятся в том, что наличием магнитного поля Земля хотя бы отчасти обязана своему ядру. Земное ядро состоит из твердой внутренней и жидкой наружной частей. Вращение Земли создает в жидком ядре постоянные течения. Из уроков физики - движение электрических зарядов приводит к появлению вокруг них магнитного поля.

Землю можно рассматривать как магнитный диполь. Его южный полюс находится на географическом Северном полюсе, а северный, соответственно, на Южном. На самом деле, географический и магнитный полюса Земли не совпадают не только по "направлению". Ось магнитного поля наклонена по отношению к оси вращения Земли на 11,6 градуса. Из-за того, что разница не очень существенная, мы можем пользоваться компасом. Интересный факт: если бы компас был изобретен 720 тысяч лет назад, то он бы указывал и на географический и на магнитный северный полюс. Но об этом чуть ниже.

## **Строение и характеристики магнитного поля Земли**

На небольшом удалении от поверхности Земли, порядка трёх её радиусов, магнитные силовые линии имеют дипольподобное расположение. Эта область называется плазмосферой Земли.

По мере удаления от поверхности Земли усиливается воздействие солнечного ветра: со стороны Солнца геомагнитное поле сжимается, а с противоположной, ночной стороны, оно вытягивается в длинный хвост.

## **Плазмосфера**

Заметное влияние на магнитное поле на поверхности Земли оказывают токи в ионосфере. Эта область верхней атмосферы, простирающаяся от высот порядка 100 км и выше. Содержит большое количество ионов. Плазма удерживается магнитным полем Земли, но её состояние определяется взаимодействием магнитного поля Земли с солнечным ветром, чем и объясняется связь магнитных бурь на Земле с солнечными вспышками.

## **Магнитный меридиан**

Магнитными меридианами называются проекции силовых линий магнитного поля Земли на её поверхность; сложные кривые, сходящиеся в северном и южном магнитных полюсах Земли.

## **Возникновение магнитного поля**

Теоретически удалось доказать, что на 99 % магнитное поле Земли вызывают источники, скрытые внутри планеты. Главное магнитное поле обусловлено источниками, расположенными в глубинах Земли. Их можно условно разделить на две группы. Основная их часть связана с процессами в земном ядре, где вследствие непрерывных и регулярных перемещений электропроводящего вещества создается система электрических токов. Другая — связана с тем, что горные породы земной коры, намагничиваясь главным электрическим полем (полем ядра), создают собственное магнитное поле, которое суммируется с магнитным полем ядра.

## **Влияние солнечного ветра на магнитное поле Земли**

Магнитное поле защищает жителей Земли и искусственные спутники от губительного воздействия космических частиц. К та-

ким частицам относятся, например, ионизированные (заряженные) частицы солнечного ветра. Магнитное поле изменяет траекторию их движения, направляя частицы вдоль линий поля. Необходимость наличия магнитного поля для существования жизни сужает круг потенциально обитаемых планет (если мы исходим из предположения, что гипотетически возможные формы жизни похожи на земных обитателей).

Ученые не исключают, что часть планет земного типа не имеют металлического ядра и, соответственно, лишены магнитного поля. До сих пор считалось, что планеты, состоящие из твердых скальных пород, как и Земля, содержат три основных слоя: твердую кору, вязкую мантию и твердое или расплавленное железное ядро. В недавней работе ученые из Массачусетского технологического института предложили сразу два возможных механизма образования "скалистых" планет без ядра.

Земляне тоже могут лишиться своей магнитной защиты. Правда, точно сказать, когда это произойдет, геофизики пока не могут. Дело в том, что магнитные полюса Земли непостоянны. Периодически они меняются местами. Не так давно исследователи установили, что Земля "помнит" о смене полюсов. Анализ таких "воспоминаний" показал, что за последние 160 миллионов лет магнитные север и юг менялись местами около 100 раз. Последний раз это событие произошло около 720 тысяч лет назад.

Смена полюсов сопровождается изменением конфигурации магнитного поля. Во время "переходного периода" на Землю проникает существенно больше космических частиц, опасных для живых организмов. Одна из гипотез, объясняющих исчезновение динозавров, утверждает, что гигантские рептилии вымерли именно во время очередной смены полюсов. Также, существуют суточные изменения магнитного поля Земли. Причина этих изменений магнитного поля Земли — электрические токи, текущие в атмосфере на большой высоте. Вызваны они солнечным излучением. Под действием солнечного ветра магнитное поле Земли искажается и приобретает «шлейф» в направлении от Солнца, который простирается на сотни тысяч километров. Основной же причиной возникновения солнечного ветра, как мы уже знаем, являются грандиозные выбросы вещества из короны Солнца. При движении к Земле они превращают-

ся в магнитные облака и приводят к сильным, иногда экстремальным возмущениям на Земле. Особенно сильные возмущения магнитного поля Земли - магнитные бури. Некоторые магнитные бури начинаются неожиданно и почти одновременно по всей Земле, а другие развиваются постепенно. Они могут продолжаться несколько часов и даже суток.

### **Заключение**

Магнитное поле Земли - удивительное следствие законов физики, защитный щит, ориентир и создатель полярных сияний. Если бы не оно, жизнь на Земле, возможно, выглядела бы совсем иначе. В общем, если бы магнитного поля не было - его необходимо было бы придумать.

### **Литература**

1. Короновский, Н. В. Магнитное поле геологического прошлого Земли // Соросовский образовательный журнал, № 5, 1996, с. 56-63.

Интернет источники:

2. <http://www.grandars.ru/shkola/estestvoznanie/magnitnoe-pole-zemli.html>

3. [http://www.galactic.name/articles/astronomical\\_lecture\\_0023\\_earth\\_magnetic\\_field.php](http://www.galactic.name/articles/astronomical_lecture_0023_earth_magnetic_field.php)

## МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ГРУНТА

**Житко А. В., Маржацкий П. Е.**

Научный руководитель – Уласик Т. М.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** Данная статья посвящена методам определения гранулометрического состава грунтов, которые можно разделить на прямые и косвенные. Определение гранулометрического состава заключается в разделении грунта на отдельные гранулометрические элементы.

### **Введение**

Гранулометрический состав является одним из важнейших классификационных признаков грунтов, напрямую зависящим от их генезиса, возраста и условий формирования породы. С другой стороны, он во многом обуславливает физические, физико-химические и физико-механические свойства осадочных пород, которые чаще всего являются основаниями сооружений и объектами изучения в процессе проведения инженерно-геологических изысканий.

Определение гранулометрического состава заключается в разделении грунта на отдельные гранулометрические элементы. Методы определения гранулометрического состава грунтов можно разделить на прямые и косвенные.

К прямым относятся методы, основанные на непосредственном (микрометрическом) измерении частиц в поле зрения оптических и электронных микроскопов или с помощью других электронных и электронно-механических устройств. В практике прямые (микрометрические) методы не получили широкого распространения.

К косвенным относятся методы, которые базируются на использовании различных зависимостей между размерами частиц, скоростью осаждения их в жидкой и воздушной средах и свойствами суспензии. Это группа методов, основанных на использовании физиче-

ских свойств суспензии (ареометрический) или моделирующих природную седиментацию (пипеточный, отмучивания).

Ареометрический метод основан на последовательном определении плотности суспензии грунта через определенные промежутки времени с помощью ареометра. По результатам определений рассчитывают диаметр и количество определяемых частиц по формуле или с помощью номограммы. Этим методом определяют содержание в грунте частиц диаметром менее 0,1 мм. Содержание фракций крупнее 0,1 мм определяют ситовым методом.

Устройство ареометра основано на законе Архимеда. При постоянном объеме тела, погруженного в жидкость, более тяжелой жидкости будет вытеснено меньше, а более легкой – больше. Таким образом в легкую жидкость тело будет погружено на большую глубину, в тяжелую на меньшую. Следовательно, чем больше концентрация суспензии, тем больше ее плотность и меньше глубина, на которую погружается в нее ареометр. При отстаивании суспензии частицы грунта, подчиняясь закону силы тяжести, падают на дно сосуда, и плотность суспензии уменьшается. Соответственно ареометр по мере выпадения частиц постепенно погружается в суспензию глубже и глубже.

Пипеточный метод используется для определения гранулометрического состава глинистых грунтов в комбинации с ситовым. Этот метод основан на разделении частиц грунта по скорости их падения в спокойной воде.

Через определенные интервалы времени пипеткой из суспензии грунта с различных глубин отбирают пробы, которые затем высушивают и взвешивают.

К косвенным методам также относится и полевой метод Рутковского, который дает приближенное представление о гранулометрическом составе грунтов. В основу метода положены: различная скорость падения частиц в воде в зависимости от их размера и способность глинистых частиц набухать в воде.

С помощью метода Рутковского выделяют основные фракции: глинистую, песчаную и пылеватую. В полевых условиях на практике этот метод целесообразно применять для определения песков пылеватых и супесей.

В особую группу выделяют методы определения размеров частиц с помощью ситовых наборов. Они широко используются в

практике самостоятельно или в комбинации с другими методами.

Ситовой метод — один из основных в практике исследований грунтов. Метод используется для определения гранулометрического состава крупнообломочных и песчаных грунтов, а также крупнозернистой части пылевато-глинистых грунтов. Сущность метода заключается в рассеве пробы грунта с помощью набора сит. Для разделения грунта на фракции ситовым методом применяют сита с отверстиями диаметром 10; 5; 2; 1; 0,5; 0,1 мм; Ситовой метод с промывкой водой обычно применяют для определения гранулометрического состава мелких и пылеватых песков.

Яркими представителями прямых методов считаются: оптическая микроскопия и лазерная дифрактометрия.

Оптическая (световая) микроскопия является прямым счетным методом получения результатов гранулометрического анализа. При помощи микроскопа определяются форма и размер частиц грунта и подсчитывается их количество. Также он давно и успешно используется в литологических исследованиях пород. К достоинствам световой микроскопии можно отнести возможность анализа с ее помощью не только размеров частиц, но и их формы. Однако и этот метод не лишен недостатков: оборудование стоит достаточно дорого, пробоподготовка является длительной, для правильной интерпретации результатов персоналу требуется значительный опыт.

В основе метода лазерной дифрактометрии лежит принцип отклонения лазерного луча на разные углы при отражении от частиц разного размера. Затем на основе обработки и анализа интерференционной картины делаются выводы о гранулометрическом составе.

К достоинствам лазерной дифрактометрии можно отнести высокую скорость получения результатов, их хорошие сходимость и воспроизводимость. На данный момент этот метод достаточно хорошо автоматизирован. На рынке представлена широкая линейка приборов, позволяющих проводить определение гранулометрического состава грунтов данным способом.

Лазерная дифрактометрия чувствительна к форме частиц. И, поскольку форма некоторых частиц в природных грунтах далека от сферы, их несферичность вносит существенный вклад в результаты измерений. Несмотря на заверения производителей оборудования о том, что диапазон измерений очень широк (5-6 порядков), нельзя не отметить, что измерения на лазерном дифрактометре наиболее чув-

ствительны к частицам определенного размера. Масса пробы, анализируемой прибором, зависит от вида грунта и находится в пределах от 0,1 г для глин до 3-4 г для песков. Обеспечить представительность пробы при такой маленькой навеске достаточно сложно.

Увеличение массы навески иногда приводит к пересыщенности анализируемого раствора, а это недопустимо. В природных грунтах соотношение частиц разных размеров может быть практически любым, и это создает определенные трудности при испытаниях методом лазерной дифрактометрии, усложняет пробоподготовку и, что немаловажно в производстве, удлиняет время проведения испытаний. Метод лазерной дифрактометрии для определения размеров частиц, на данный момент, является наиболее перспективным для установления гранулометрического состава грунтов.

### **Заключение**

В ходе проведенного исследования авторы пришли к следующему выводу:

Определение гранулометрического состава в полевых условиях удобно осуществлять, применяя косвенные методы, которые позволяют с достаточной точностью определить состав грунта в кратчайшие сроки. Прямые методы, хотя и являются более точными, требуют определенного навыка работы с установками и наличия лаборатории. Таким образом, несмотря на перспективность прямых методов на практике, исходя из времени испытаний и удобства проведения, мы используем косвенные методы.

### **Литература**

1. Конончук, П. Ю. Адаптация метода оптической счетно микроскопии для определения гранулометрического состава почв: автореф. дис. ... канд. сельско-хоз. наук. / П. Ю. Конончук; СПб.:Изд-во Агрофизического НИИ Россельхозакадемии, 2009. – 44 с.
2. Буданова, Т. Е. Современные методы изучения гранулометрического состава грунтов /Т.Е. Буданова, О. Р. Озмидов , И. О. Озмидов/Журнал «Инженерные изыскания», №8/2013, С. 66-73
3. Цытович, Н. А. Механика грунтов. / Н. А. Цытович. – М.: Высшая школа, 2006. – 288с.

## **ГЛИНА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ: ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ**

**Лемешко М. П., Ганевич А. М.**

Научный руководитель – Уласик Т. М.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** Глина представляет собой горную породу, очень сложную и непостоянную как по составу входящих в нее минералов, так и по физическим и технологическим свойствам.

### **Введение**

Глина – удивительный минерал, используемый человеком с давних времен. Первоначально из глины посуду, изготавливать украшения, детские игрушки. Из глины строили дома, водопроводные трубы, изготавливали амфоры, использовали в качестве первой «бумаги». Такое широкое использование глины весьма оправдано, так как она имеет весьма важные качества: пластичность, способность приобретать и сохранять придаваемую ей форму.

**Глина** – мелкозернистая осадочная горная порода, пылевидная в сухом состоянии, пластичная при увлажнении. Глина состоит из одного или нескольких минералов группы каолинита, монтмориллонита или других слоистых алюмосиликатов, но может содержать и песчаные и карбонатные частицы. Как правило, породообразующим минералом в глине является каолинит.

Образование глин определяется двумя факторами - химическим составом первоначального материала и физико-химическими условиями среды. Различия в образовании глин настолько велики, что, несмотря на большое их количество, трудно найти глины из разных месторождений с одинаковыми во всех отношениях составом и свойствами.

Так, например, образование каолиновых глин происходит в каолиновой фации, которая характеризуется наличием кислой среды (рН 2,1 – 5,5). Это и составляет первоначальный способ обра-

зования глины в ее первобытных месторождениях, среди каменных пород, по трещинам которых просачивается атмосферная вода. Такие первобытные залежи нередко содержат белую, чистую глину, называемую каолином или фарфоровой глиной. Но такие глины составляют редкость, потому что и условия такого рода встречаются редко. Мутная текущая вода горных источников содержит частицы глины, несет их и отлагает в затишьях рек, в озерах, морях и океанах. При этом первоначально осаждаются крупные частицы, образующие песок и тому подобные сыпучие породы, а глина, вследствие своей мелкости, несетя далее и отлагается только в спокойных частях вод. Такие наложения песка и глины совершались медленно миллионы лет, продолжаютя до сих пор и дают повод к образованию огромных осадочных толщ песков и глин.

Так как различия в образовании глин велики, то это обуславливает и большую разновидность глин: красная глина, белая глина, грубокерамические материалы, цветная глина и др.

### **Природная красная глина**

В природе эта глина имеет зеленовато-коричневую окраску, которую придает ей оксид железа, составляющий 5-8% от общей массы. При обжиге в зависимости от температуры или типа печи глина приобретает красную или белесую окраску. Она легко разминается и выдерживает нагрев не более 1050-1100°C. Большая эластичность этого вида сырья позволяет использовать его для работ с глиняными пластинами или для моделирования небольших скульптур.

### **Белая глина**

Ее месторождения встречаются во всем мире. Во влажном состоянии она светло-серая, а после обжига приобретает белесый цвет. Белой глине свойственна эластичность и просвечиваемость из-за отсутствия в ее составе оксида железа. Глина используется для изготовления посуды, кафеля и предметов сантехники или для подделок из глиняных пластин. Температура обжига 1050-1150°C.

### **Грубокерамические материалы**

Крупнопористые крупнозернистые керамические материалы применяются для изготовления крупногабаритных предметов торговли в строительстве, архитектуре малых форм и т. п. Температура плавления колеблется от 1440 до 1600°C. Материал хорошо спекается и дает незначительную усадку.

## **Цветная глина**

Цветная глина — это глиняная масса с содержанием оксида или красочного пигмента, представляющая собой гомогенную смесь.

Глины в Беларуси – часто встречающийся вид грунта.

*Месторождение глин Голбица* расположенное в Поставском районе. Полезное ископаемое представлено озерно-ледниковыми глинами мощностью от 2,6 до 22,3 м. Число пластичности – от 9 до 27. Месторождение детально разведано, промышленные запасы составляют 11,9 млн. м<sup>3</sup>. Глины месторождения пригодны для производства кирпича, черепицы, керамзита и в качестве вяжущего материала.

*Месторождение глин Курополье* расположенное в Поставском районе. Полезное ископаемое представлено озерно-ледниковыми глинами мощностью от 1,0 до 13,1 м, средней мощностью 6,7 м. Предварительно оцененные запасы глин составляют 69,5 млн. м<sup>3</sup>. Глины пригодны для производства керамзита, керамической плитки, дренажных труб и керамического кирпича.

*Острожанское месторождение бентонитовых глин.* Полезные ископаемые на месторождении залегают на глубинах от 13,3 до 26,3 м в виде пластообразной залежи. Мощность бентонитовых глин изменяется от 4,7 до 19,2 м. Не отвечают требованиям стандарта к формовочным глинам, применимы только для изготовления мелких чугунных отливок и отливок из цветных сплавов.

*Месторождение тугоплавких глин Городок.* Полезное ископаемое представлено глинами пестроцветными мощностью 5,9-14,7 м, залегающими в виде пластовой залежи. Огнеупорность глин – 1380-1650°С. Промышленные запасы глин составляют 30,5 млн. тонн. Пригодны для производства канализационных и дренажных труб, тугоплавкого кирпича, черепицы, строительного кирпича, пустотелого лицевого ангобированного кирпича, для приготовления буровых растворов.

Практическое применение глин весьма широко. Глины используются для бытовых нужд, в косметике, как материал для художественных работ, в гончарном деле, в промышленности, огнеупоров, фарфоро-фаянсовых и сантехнических предметов торговли. Особо важную роль глина играет в строительстве – в производстве кирпича, керамзита и др. строительных материалов, в непосредственном строительстве домов из глины, в производстве цемента др.

Керамзитовый гравий, производимый из керамзитовых глин путём отжига со вспучиванием, используется при производстве строительных материалов (керамзитобетон, керамзитобетонные блоки, стеновые панели и др.) и как тепло- и звукоизоляционный материал. Используется преимущественно как пористый наполнитель для лёгких бетонов.

Строительство домов из глины – это наименее промышленный, наиболее безопасный и самый простой из натуральных способов строительства экодома. Смешивание глины с соломой армирует конструкцию, делает её более лёгкой, прочной и усиливает теплоизоляционные свойства стен и потолков, превращая их в своеобразные теплоаккумуляторы. Глину используют также для производства кирпича. Самая подходящая для изготовления кирпича считается глина средней пластичности.

Глина – один из компонентов цемента. Для его изготовления сначала добывают известняк и глину из карьеров. Известняк (примерно 75%) измельчают и тщательно перемешивают с глиной (примерно 25%).

### **Заключение**

Как видно, в современном мире глине находят применение во всевозможных отраслях. В Республике Беларусь эта горная порода является широко распространённой и запасы глины не иссякнут ещё и через сотни лет, однако все же нужно помнить о её рациональном использовании.

### **Литература**

1. Геохимические провинции покровных отложений БССР / Академия наук БССР; под общ. ред. К. И. Лукашева. – Минск, 1969. – 96 с.
2. Перечень месторождений строительных материалов в Республике Беларусь для потенциальных инвесторов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.korea.mfa.gov.by/ru/embassy/news/a98353cfabd11c03.html](http://www.korea.mfa.gov.by/ru/embassy/news/a98353cfabd11c03.html) – Дата доступа: 24.04.2017.
3. Вся информация о глине [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.vsyglina.org.ru/index.php/2012-03-25-05-34-59](http://www.vsyglina.org.ru/index.php/2012-03-25-05-34-59) – Дата доступа: 24.04.2017.

## **КРЕМНИЙ**

**Рубаник И. В.**

Научный руководитель – Уласик Т. М.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

### **Введение**

Геология- это наука о строении и истории развития Земли.

Основные объекты исследований - горные породы, в которых запечатлена геологическая летопись Земли, а также современные физические процессы и механизмы, действующие как на ее поверхности, так и в недрах, изучение которых позволяет понять, каким образом происходило развитие нашей планеты в прошлом.

Гидрогеология-это наука, изучающая происхождение, условия залегания, состав и закономерности движений подземных вод. Также изучается взаимодействие подземных вод с горными породами, поверхностными водами и атмосферой.

Гидрогеология тесно связана с гидрологией и геологией, в том числе и с инженерной геологией, метеорологией, геохимией, геофизикой и другими науками о Земле.

Инженерная геология — это наука о строении, свойствах и динамике геологической среды, её рациональном использовании и охране в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью [2, стр.85].

Для решения задач инженерной геологии используют натурные наблюдения, полевые и лабораторные эксперименты, моделирование, аналитические расчёты, режимные стационарные наблюдения и другие общегеологические и специальные методы.

Миры звезд, Солнце, Луна, Земля имеют единый химический состав. Миллиарды лет существует жизнь на Земле. Именно кремний лежит в основе энергоинформационного обмена в космосе и на Земле. Кремний образовался, когда из морских водоемов осаждался кремниевый гель и пропитывал песчаники, доломиты, известняки и другие осадочные породы.

Природный кремний состоит из смеси трех стабильных нуклидов с массовыми числами 28 (преобладает в смеси, его в ней 92,27% по массе), 29 (4,68%) и 30 (3,05%). Конфигурация внешнего электронного слоя нейтрального невозбужденного атома кремния  $3s2p2$ . В соединениях обычно проявляет степень окисления +4 (валентность IV) и очень редко +3, +2 и +1 (валентности соответственно III, II и I). В периодической системе Менделеева кремний расположен в группе IVA (в группе углерода), в третьем периоде [5].

Кремний образует тёмно-серые с металлическим блеском кристаллы, имеющие кубическую гранцентрированную решётку типа алмаза с периодом  $a = 5,431\text{Å}$ , плотностью 2,33 г/см<sup>3</sup>. При очень высоких давлениях получена новая (по-видимому, гексагональная) модификация с плотностью 2,55 г/см<sup>3</sup>. Кремний — полупроводник, находящий всё большее применение. Электрические свойства Кремния очень сильно зависят от примесей [2, стр.218].

Кремень встречается практически везде, где есть толщи осадочных горных пород, на всех континентах мира. Разнообразной бывает и форма кремня. Встречаются округлые, продолговатые или даже пластинчатые камни. Нередко они имеют причудливые наросты и пальцеобразные утолщения, а также мелкие поры и отверстия, которые заполняют частицы кварца [7].

В зависимости от состава, а соответственно и от того, как выглядит кремень, различают 4 группы: кварц кремнистый, кварц халцедоновый, опал халцедоновый и опаловый.

Блеск у кремниевоего камня стеклянный. Твёрдость имеет достаточно высокие показатели и составляет около 7 единиц по шкале Мооса.

В настоящее время кремний — основной материал для электроники и солнечной энергетики. Кремний используют как полупроводниковый материал. Кварц находит применение как пьезоэлектрик, как материал для изготовления жаропрочной химической (кварцевой) посуды, ламп УФ-излучения.

Монокристаллический кремний — материал для зеркал газовых лазеров. Иногда кремний (технической чистоты) и его сплав с железом (ферросилиций) используется для производства водорода в полевых условиях [6].

Сверхчистый кремний преимущественно используется для производства одиночных электронных приборов (нелинейные пассив-

ные элементы электрических схем) и однокристалльных микросхем. Чистый кремний, отходы сверхчистого кремния, очищенный металлургический кремний в виде кристаллического кремния являются основным сырьевым материалом для солнечной энергетики [5].

Кремний имеет разнообразные и всё расширяющиеся области применения. В металлургии он используется для удаления растворённого в расплавленных металлах кислорода (раскисления). Является составной частью большого числа сплавов железа и цветных металлов. Обычно кремний придаёт сплавам повышенную устойчивость к коррозии, улучшает их литейные свойства и повышает механическую прочность; однако при большем его содержании кремний может вызвать хрупкость. Наибольшее значение имеют железные, медные и алюминиевые сплавы, содержащие кремний. Всё большее количество идёт на синтез кремнийорганических соединений и силицидов.

Силикаты находят широкое применение как строительные материалы. Широко известен силикатный клей, преимущественно применяемый для склеивания бумаги. Последнее время очень широко применяются полимеры на основе кремния — силиконы.

Кремнийорганические материалы характеризуются высокой износостойкостью и широко используются на практике в качестве силиконовых масел, клеев, каучуков, лаков [3, стр.234].

Промышленностью выпускаются кремниевые фильтры для очистки воды.

Некоторые виды кремня имеют настолько удивительную окраску, что их используют в качестве украшений. Многим из них даже присвоены имена (опал, яшма, халцедон). Рисунчатые камни зачастую идут на изготовление пуговиц, подвесок и запонок.

### **Заключение**

Кремний – один из важнейших элементов, который выполняет самую активную роль в жизненных процессах. Согласно выводам биохимиков, Кремний используется в организме человека восьмикратно, участвуя в различных промежуточных реакциях, как катализатор, "энергодатель", обеспечивая жизнь. Основная роль Кремния в организме человека - участие в химической реакции, которая скрепляет маленькие субъединицы волокнистых тканей организма (коллагена и эластина) вместе, придавая им силу и упругость. Так-

же он принимает непосредственное участие в процессе минерализации костной ткани.

Кремний обнаружен на звездах и даже в растениях. Так же применяют его в разных сферах нашей жизни. Кремний входит в состав многих сплавов железа и цветных металлов, придавая им коррозионную стойкость, высокие литейные и механические свойства. Это один из самых распространенных, и в то же время один из самых удивительных и загадочных камней на планете.

### Литература

1. Воронков, М. Г. и др. Кремний и жизнь / Воронков М. Г. и др. Рига, 1978. — 519 с.
2. Зелчан, Г. И., Лукевич, Э. Я. Кремний и жизнь / Зелчан Г. И., Лукевич Э. Я. — М.: Центрполиграф. — 1978. — 429 с.
3. Самсонов Г. В. и др. Силициды. / Зелчан Г. И., Лукевич Э. Я. — М.: Центрполиграф. — 1978. — 318 с.
4. Айлер, Р. Химия кремнезема / Айлер Р., Зелчан Г. И. Волгоград, 1998. — 365 с.
5. Мир камня [Электронный ресурс]/ Нац. центр информ. РФ. — Москва, 2005. — Режим доступа <http://mir-kamnja.ru/kremen-kamen-i-kremnieva-ya-voda/> — Дата доступа : .03.12.2016.
6. Прысмакі з кішэні [Электронный ресурс]/ Нац. центр информ. Респ. Беларусь. — Минск, 2005. — Режим доступа <http://belcook.com/post/narodna-ya-kuxnya-matalyan-ch-1/> — Дата доступа : 03.12.2016.
7. Большая публичная библиотека [Электронный ресурс] — Санкт Петербург, 2011 — Режим доступа <http://www.rfu.ru/ximiya/kremnij.php> - Дата доступа : 05.03.2016.
8. Большая книга [Электронный ресурс] — Минск, 2009. — Режим доступа <http://megabook.ru/> - Дата доступа : 01.12.2016.
9. Мир камня [Электронный ресурс]/ Нац. центр информ. РФ. — Москва, 2008. — Режим доступа <http://mir-kamnja.ru/kremen-kamen-i-kremnieva-ya-voda/> — Дата доступа : .05.12.2016.
10. Геология (национальная) [Электронный ресурс] — Минск, 2009. — Режим доступа <http://geologiya.by/> - Дата доступа : 01.12.2016.

## **РАЗДЕЛ 2**

# **СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ МЕХАНИКИ ГРУНТОВ И ФУНДАМЕНТОСТРОЕНИЯ**

## **ПРОГНОЗ ДЕФЕКТОВ ИСТОРИЧЕСКИХ ЗДАНИЙ НА ПРИМЕРЕ СИРИИ: ДВОРЕЦ АЛЬ-АЗЕМ**

**Аввад Лидия<sup>1</sup>, Аввад Лана<sup>2</sup>  
(Lidya Awwad<sup>1</sup>, Lana Awwad<sup>2</sup>)**

Научный руководитель – Тронда Т. В. (Tatiana Tronda)<sup>2</sup>

<sup>1</sup> – Университет Дамаска (Damascus University), Дамаск, Сирия

<sup>2</sup> – Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева  
Астана, Казахстан

**Аннотация.** Существует большое количество археологических памятников, которые принадлежат к древнейшим цивилизациям Сирии и имеют важное историческое и культурное значение. Восстановление и реконструкция исторических зданий часто проводится с использованием современных материалов, таких как бетон или металл, которые могут привести к частичной потере исторического вида зданий. В этой статье представлен метод улучшения грунта в основании дворца Каср Аль-Азем с использованием современных строительных материалов.

### **Введение**

В Сирии найдено более 4500 археологических раскопок, относящиеся к различным периодам истории. Дворец Каср Аль-Азем – одно из наиболее впечатляющих светских сооружений в Сирии. Он был возведён в XVIII веке и изначально служил резиденцией губернатора, а позже стал Музеем искусства и народных традиций Сирии [1].

Двери дворца «Аль-Азем» были выполнены из липового камня, как телескопические ряды, отделенные базальтовыми черными каменными рядами, размер которых около 80 см. Для соединения камней использовался известковый раствор. Крыши сделаны из дерева. Каменные стены, каменные арки, каменные купола и каменные колонны использовались для создания дворцовых пространств и переноса нагрузки с крыш на фундаменты. Каменные стены и колонны были возведены на фундаменте из камней, которые укладывались непосредственно в грунт.



**Рисунок 1. – Дворец Каср Аль-Азем**

### **Восстановление фундамента в Аль-Аземском дворце**

Основной причиной перемещения грунтов под дворцом является изменение их влажности, которое происходит либо искусственно в результате строительных работ, либо естественно в результате выпадения осадков.

За последние несколько лет замечено появление трещин в стенах некоторых залов дворца Аль-Азем. Проведение анализа показало, что существуют два вида трещин: вертикальные трещины в результате изменения температуры, а также трещины в результате движения грунтов основания [2].



**Рисунок 2. – Трещины во дворце Аль-Азем**

Министерство культуры Сирии - главное управление наследия и музеев, которое отвечает за дворец, выполнило проект по восстановлению дворца Аль-Азем.

Дворец Аль-Азем был построен из несущих стен, возведенных на каменных фундаментах, расположенных непосредственно на земле. Каменные фундаменты состоят из прямоугольных камней, соединенных известковым раствором, их глубина - 3,25 м. Исследования грунта показали, что грунт под Аль-Аземским дворцом представлен глинистым гравием и подвержен воздействию сточных вод.

Основными причинами появления трещин являются уменьшение уровня грунтовых вод в долине реки Барада, которая расположена близко ко дворцу Аль-Азем, а также утечка воды или сточных вод из окружающих районов.

Реализованный метод восстановления и поддержания фундамента в дворце Аль-Азем заключался в применении железобетонных столбов диаметром 8 см, которые соединялись с фундаментным камнем металлическими стальными анкерами и бетонным раствором.



**Рисунок 3. – Восстановление фундамента с помощью извести в Аль-Аземском дворце**

Несмотря на то, что этот метод восстановления поддерживает фундамент и переносит нагрузку на более глубокие слои грунта, а также оказывает меньшее воздействие на изменение содержания

воды в грунте, этот метод использует современные материалы (металл и бетон), которые отличаются от материалов фундамента и могут привести к изменению исторического вида.

Бетон и металл не являются естественными материалами, поэтому для улучшения грунтов в таких случаях рекомендуется использовать известь, что позволяет не наносить вред историческому виду зданий. Известковый раствор подается в грунт под давлением и смешивается с ним вдоль колонного отверстия, чтобы сформировать известковый столб, который обладает повышенной прочностью по сравнению с грунтом. Кроме того, влияние распространяется на грунт вокруг известкового столба, увеличивая его прочность и уменьшая набухание [3].

### **Заключение**

При проведении обзора дворца Аль-Азем были указаны основные причины появления некоторых дефектов. Набухающие грунты наносят ущерб данному историческому зданию, изменение влажности грунта влияет на появление в нем трещин. Улучшение грунтов с применением известкового раствора считается одним из рациональных способов, позволяющих сохранить геотехническое наследие, не нанося ущерба исторической и археологической ценности. Для этого необходимо провести подробные и углубленные исследования, чтобы найти лучшие технологические методы улучшения грунтов с помощью извести и оценить его эффективность для конкретных грунтов.

### **Литература**

1. Study of Souliman. Tikie restoration and maintenance project - Ministry religious issues (Mosques and Churches), Syria, 2008.
2. Maintenance of existing foundations on expansive clay soils. Corley J.B., Marsh J.H and Quiring S.M., Texas.
3. Expansive soils Recent advances in characterization and treatment. Al-Rawas A. A. and Goosen M. F. A., 2006.
4. Study of Al-Azem Palace. Restoration and maintenance project of Ministry of Culture, Syria, 2010.
5. Strength distribution of soft clay surround lime-column. Muntohar A.S., Jiun-Liao H., National Taiwan University of Science & Technology, Taipei, Taiwan.

## РАСЧЕТ ОСНОВАНИЙ И ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ПО ДВУМ ГРУППАМ ПРЕДЕЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ

**Жегало Е. В.**

Научный руководитель – Банников С. Н.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** В данной статье описаны результаты проведённых сопоставительных расчетов с грунтом, усиленным горизонтальными армирующими элементами по методике приведенной в ТКП 45-5.01-268-2012 (02250).

### **Введение**

В настоящее время деформативность и устойчивость армированных оснований является слабо изученной проблемой. В связи с этим были проведены модельные исследования с грунтом, усиленным вертикальными и горизонтальными элементами.

### **Исходные данные**

Песок средней крупности, средний,  $h_v=h_n=0,5$  м, угол сдвига грунта по железобетонным нагелям  $\psi=27^\circ$ ; модуль деформации грунта  $E=35$  МПа; длина нагеля  $l_n=3$  м; диаметр стержня нагеля  $d=32$  мм; диаметр нагеля  $d_n=0,114$  м; класс арматуры S400; расчетное сопротивление на разрыв  $f_{уд}=365$  МПа.

### **Результаты расчетов**

*Расчет основания и ограждающей конструкции по первой группе предельных состояний*

Усилие, приходящееся на нагель верхнего яруса (рисунок 1):

- для армированного грунта определяли по формуле:

$$N_z = 0,5 \times h_v \times \sigma_{z,i} = 0,5 \times 0,5 \times 0,048 = 0,012 \text{ МН};$$

- для неармированного грунта по формуле при  $\gamma_1=\gamma_2=1$ :

$$N_z = 0,5 \times 0,5 \times 0,203 = 0,05 \text{ МН}.$$

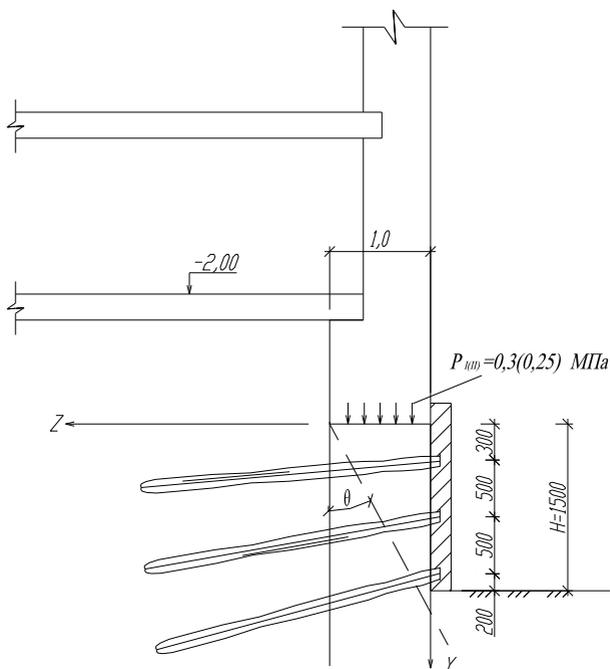


Рисунок 1. - Расчетная схема

Несущую способность нагеля для армированного основания определяли по формуле:

$$F_{du} = \sigma_y \times \pi \times d \times l_H \times \text{tg } \psi = 0,11 \times 3,14 \times 0,114 \times 3 \times 0,51 = 0,06 \text{ МН.}$$

Проверку нагелей по несущей способности грунта производили по формуле:

$$N_z < F_{du} \quad (1)$$

Устойчивость подпорной конструкции будет обеспечена только для армированного грунта и в дальнейшем неармированное основание не рассматриваем.

Проверку нагелей на разрыв производили по СНБ 5.03.01-02 используя следующую формулу:

$$N_{sd} \leq F_{Rd}, \quad (2)$$

$$\text{где } F_{Rd} = f_{yd} \cdot A_{s,tot}$$

$f_{yd}$  – расчетное сопротивление ненапрягаемой арматуры;

$A_{s,tot}$  – полная площадь продольной арматуры в сечении

$$A_{s,tot} = 8,043 \cdot 10^{-4} \text{ м};$$

$N_{sd} = N_z$  – расчетная продольная сила от внешнего воздействия.

Подставляя в формулу (2) исходные данные получили:

$$0,012 \text{ МН} \leq 365 \cdot 8,043 \cdot 10^{-4} = 0,29 \text{ МН}$$

Условие по прочности на разрыв арматуры обеспечивается.

*Расчет основания и ограждающей конструкции по второй группе предельных состояний*

Расчет осадки армированного основания производили по формуле:

$$S_{ap} = \beta \sum_{i=1}^{15} \frac{\sigma_{yp,i} \cdot \Delta h_i}{E}, \quad (3)$$

где  $\beta$  – коэффициент учитывающий боковое расширение в грунтах (для армированных оснований  $\beta=1$ );

$\sigma_{yp,i} = \sigma_{y,i}$  – вертикальные напряжения армированного основания (таблица 1);

$\Delta h_i$  – толщина расчетного слоя ( $\Delta h_i = (0,4 \div 0,2) \cdot b$ );

$E$  – модуль деформации армированного слоя грунта ( $E=35$  МПа).

После подстановки исходных данных в формулу (3) получили осадку:

$$S_{ap} = 8 \text{ мм.}$$

Сравнивая полученное значение расчетной осадки с фактическими данными получили их несколько завышенными. Это связано с разуплотнением грунта при устройстве нагелей.

Таблица 1. – Расчетные значения давлений на ограждающую стенку  $\sigma_z$  и грунта  $\sigma_y$  ниже подошвы фундамента

у, м		0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5
Неармированное основание	$\sigma_z$ , МПа	0,234	0,203	0,174	0,147	0,123	0,103	0,086	0,070
	$\sigma_y$ , МПа	0,234	0,203	0,174	0,147	0,123	0,103	0,085	0,070
Армированное основание	$\sigma_z$ , МПа	0,052	0,048	0,044	0,040	0,036	0,033	0,03	0,027
	$\sigma_y$ , МПа	0,240	0,220	0,201	0,183	0,166	0,151	0,137	0,120

### Заключение

Проведенные исследования показали, что предлагаемые выражения для определения бокового давления более достоверно описывают напряженно-деформационные процессы в армированных грунтах по сравнению с существующими зависимостями для изотропных сред, а расчетные осадки фундаментов по предложенным выражениям при учете механической анизотропии хорошо согласуются с результатами натуральных измерений и дают расхождение не выше 10%.

### Литература

1. ТКП 45-5.01-268-2012 (02250) Основания и сооружения из армированного грунта. Правила проектирования и устройства. – РУП «Минсктипроект». - Минск, 2013.

## **ИЗМЕНЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ СЛАБОЙ ВОДОНАСЫЩЕННОЙ СУПЕСИ ПРИ УСТРОЙСТВЕ АРМОДРЕНИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ СУХОЙ БЕТОННОЙ СМЕСИ**

**Жерносек В. Л., Новик С. А., Хурс И. Д.**

Научный руководитель – Тронда Т. В.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** В данной статье описаны результаты лабораторных исследований по изменению влажности слабой водонасыщенной супеси, при устройстве в ней армодренирующего элемента. Было проведено два эксперимента. Первый – сухая бетонная смесь класса С8/10, второй – С12/15. Влажность супеси уменьшилась на 1,2% и 2,8% соответственно.

### **Введение**

Прочностные и деформационные характеристики грунтов зависят от их состава, влажности и плотности. Увеличение влажности грунта снижает его несущую способность в несколько раз. У глинистых грунтов с увеличением влажности изменяется консистенция грунта, ухудшаются прочностные и деформационные свойства.

Уменьшение же содержания в грунте несвязанной воды может быть достигнуто множеством способов. Однако зачастую они имеют ограниченную область применения, повышенную трудоемкость и стоимость работ. Одним из эффективных способов улучшения свойств слабых глинистых грунтов является применение армодренирующих элементов из сухой бетонной смеси, которые позволяют одновременно уплотнять и дренировать слабые водонасыщенные глинистые грунты [1].

### **Цель работы**

Определить изменение влажности и консистенции супеси в результате устройства армодренирующего элемента из сухой бетонной смеси различных классов.

## Исходные данные

В качестве исследуемого типа грунта была выбрана слабая водо-насыщенная супесь со следующими первоначальными характеристиками:

- влажность на границе текучести  $W_L=15,7\%$ ;
- влажность на границе раскатывания  $W_p=9,1\%$ ;
- начальная влажность при устройстве элемента из бетона С8/10  $W_0=13,7\%$ ;
- начальная влажность при устройстве элемента из бетона С10/12  $W_0=15,4\%$ ;
- число пластичности  $I_p=6,6$ ;
- показатель текучести  $I_L=0,7$  и  $1,0$ ;
- степень влажности  $S_r=1,0$ .

В качестве армодрирующего элемента в грунте были изготовлены цилиндры диаметром  $\varnothing 160$  мм и высотой  $h=270$  мм из сухой бетонной смеси на портландцементе марки ПЦ 500 в следующих пропорциях по массе:

Ц : П : Щ – 1 : 4,5 : 6,6 – для бетонной смеси С8/10;

На элемент объемом  $V=5425$  см<sup>3</sup> было израсходовано 10 кг сухой смеси: Ц : П : Щ = 0,8 : 3,7 : 5,5 кг.

Ц : П : Щ – 1 : 3,5 : 5,6 – для бетонной смеси С12/15;

На элемент объемом  $V=4588$  см<sup>3</sup> было израсходовано 8 кг сухой смеси: Ц : П : Щ = 0,79 : 2,77 : 4,44 кг.

Соотношение компонентов бетонной смеси бралось из расчёта получения бетона соответствующего класса в стандартных условиях.

## Ход испытания

Лабораторные исследования проводились на базе кафедры «Гео-техника и экология в строительстве» и Научно-исследовательской и испытательной лаборатории бетонов и строительных материалов БНТУ.

В две ёмкости в виде круглого таза для строительных смесей диаметром  $\varnothing 500$  мм понизу и  $\varnothing 580$  мм поверху, высотой  $h=350$  мм и объемом  $V=90$  л был уложен грунт с послойным уплотнением. В центре каждой ёмкости был устроен армодрирующий элемент, путем заполнения подготовленной сухой бетонной смесью скважины, выполненной на всю высоту ёмкости с помощью трубы диамет-

ром Ø160 мм с армодренирующим элементом внутри (рис. 1).



**Рисунок 1. – Опытный фрагмент грунта**

Для предотвращения испарения влаги и высыхания грунта ёмкость герметично закрывалась пленкой.

После заготовки образца на 0, 7, 14, 21, 28 и 42 сутки отбирались пробы грунта для определения изменения влажности супеси. Отбор проб происходил в радиальном направлении – от центра к краю.

### **Полученные результаты**

Испытания проводились в соответствии с ГОСТ 5180-2015 [2].

Значения влажности супеси на 0, 7, 14, 21, 28 и 42 сутки приведены в таблице 1.

**Таблица 1. – Изменение влажности супеси во времени**

Класс смеси	Влажность <i>W</i> , %	Сутки					
		0	7	14	21	28	42
С8/10		13,7	13,0	12,8	12,8	12,5	12,5
С12/15		15,4	13,1	13,1	13,0	12,7	12,6

Из таблицы 1 видно, что наибольшее уменьшение влажности происходит в первые 7 суток. Затем уменьшение влажности происходит медленнее. По истечению 28 суток также наблюдается изменение влажности, однако, оно незначительное. На основе полученных данных можно сделать вывод о том, что необходимое количество воды для гидратации цемента поступает в армодренирующий элемент в течение первых 28 суток. В ходе эксперимента было установлено, что на 0,8 кг цемента в составе подготовленной сухой смеси класса С8/10 для первого образца ушло 1,30 л поровой воды. Во второй образец, из сухой смеси класса С12/15, на 0,79 кг цемента ушло 2,68 л поровой воды. При этом водоцементное отношение составило 1,63 и 3,35 соответственно, когда в стандартных условиях водоцементное отношение принимают равным 0,5. Так же, перепад влажности между краем элемента и краем ёмкости составил 0,66% – для элемента из смеси С8/10 и 0,25% – для элемента из смеси С12/15.

### **Заключение**

В ходе лабораторных исследований удалось доказать дренирующие свойства элемента из сухой бетонной смеси. В результате экспериментов влажность слабой водонасыщенной супеси уменьшилась на 1,2% и 2,8%, при этом изменилась консистенция грунта – показатель текучести уменьшился с  $I_L=0,7\dots 1,0$  до  $I_L=0,5$ . Для гидратации цемента понадобилось 1,3...2,68 л поровой воды, а водоцементное отношение составило 1,63...3,35.

### **Литература**

1. Тронда, Т. В. Изменение физико-механических характеристик слабого водонасыщенного суглинка при устройстве вертикальных армодренирующих элементов / Т. В. Тронда // Проектирование, строительство и эксплуатация комплексов подземных сооружений : тр. V междунар. конф., Екатеринбург, 7-8 окт. 2016 г. / Урал. гос. горный ун-т ; редкол.: М. В. Корнилков (ответств. за вып.) [и др.]. – Екатеринбург : Изд-во УГГУ, 2016. – С. 127-130.
2. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик: ГОСТ 5180-2015. – Введ. 01.04.2016. - М. : Стандартиформ, 2016. – 20 с.

## **НАБОР ПРОЧНОСТИ АРМОДРЕНИРУЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ИЗ СУХОЙ БЕТОННОЙ СМЕСИ В СЛАБОЙ ВОДОНАСЫЩЕННОЙ СУПЕСИ**

**Жерносек В. Л., Новик С. А., Хурс И. Д.**

Научный руководитель – Тронда Т. В.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** В данной статье описаны результаты лабораторных исследований по твердению и набору прочности армодренирующих элементов из сухих бетонных смесей классов С8/10 и С12/15, установленных в слабой водонасыщенной супеси.

### **Введение**

Прочностные характеристики грунтов зависят от их состава, влажности и плотности. Увеличение влажности глинистых грунтов снижает его несущую способность в несколько раз.

Одним из эффективных способов улучшения свойств слабых глинистых грунтов является применение армодренирующих элементов из сухой бетонной смеси, которые позволяют одновременно уплотнять и дренировать слабые водонасыщенные глинистые грунты [1].

### **Цель работы**

Определить прочность армодренирующих элементов, изготовленных из сухой бетонной смеси, в слабой водонасыщенной супеси.

### **Исходные данные**

В качестве исследуемого типа грунта была выбрана слабая водонасыщенная супесь.

В качестве армодренирующего элемента в грунте были изготовлены цилиндры диаметром  $\varnothing 160$  мм и высотой  $h=270$  и  $h=250$  мм для первого и второго образца соответственно (рис. 1), из сухой бетонной смеси на портландцементе марки ПЦ 500 в следующих пропорциях по массе:

- Ц : П : Щ – 1 : 4,5 : 6,6 для класса бетона С 8/10;
- Ц : П : Щ – 1 : 3,5 : 5,6 для класса бетона С 12/15.

Соотношение компонентов сухих бетонных смесей бралось из расчёта получения бетонов класса С8/10 и С12/15 в стандартных условиях.

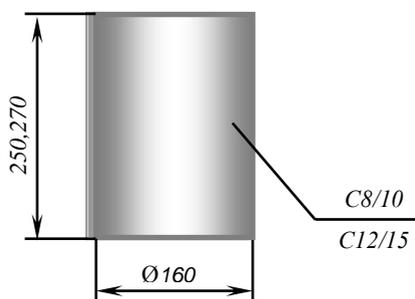


Рисунок 1. – Цилиндрические бетонные образцы

### Ход испытания

Лабораторные исследования проводились на базе кафедры «Геотехника и экология в строительстве» и Научно-исследовательской и испытательной лаборатории бетонов и строительных материалов БНТУ.

Лабораторные исследования проводились в два этапа. Первоначально опыты проводились для образца сухой бетонной смеси класса С8/10, а после всех полученных результатов для С12/15.

В ёмкость в виде круглого таза для строительных смесей был уложен грунт с послойным уплотнением. В центре был устроен армодренирующий элемент путем заполнения подготовленной сухой бетонной смесью скважины, выполненной на всю высоту ёмкости с помощью трубы диаметром Ø160 мм (рис. 2).

Для предотвращения испарения влаги и высыхания грунта ёмкость герметично закрывалась пленкой.

По истечению 56 суток армодренирующие элементы были извлечены для внешней оценки и определения прочности на сжатие.

В ходе внешнего осмотра было принято выровнять горизонтальные поверхности образца с помощью цементного и гипсового рас-

творов для того, чтобы испытать образец на прессе (рис. 3). Испытание образца проводилось на гидравлическом прессе П-50 (рис. 4).



**Рисунок 2. – Опытный фрагмент грунта с армодризирующим элементом внутри**



**Рисунок 3. – Образец класса С8/10, подготовленный к испытанию. Вид сбоку**



**Рисунок 4. – Образец, помещенный в гидравлический пресс**

### **Полученные результаты**

Разрушающая нагрузка в ходе испытания образца на гидравлическом прессе составила  $F=20$  кН для образца класса С8/10 и  $F=25$  кН для С12/15. На основе разрушающих нагрузок была получена характеристическая цилиндрическая прочность на сжатие об-

разца  $f_{ck}$ , МПа согласно ГОСТ 10180-2012 [2]:

$$f_{ck1} = \alpha \frac{F}{A} K_w = 1,2 \frac{20 \cdot 10^3}{3,14 \cdot \frac{0,16^2}{4}} \cdot 1 = 1,2 \text{ МПа}$$

$$f_{ck2} = \alpha \frac{F}{A} K_w = 1,2 \frac{25 \cdot 10^3}{3,14 \cdot \frac{0,16^2}{4}} \cdot 1 = 1,5 \text{ МПа}$$

Полученные результаты свидетельствуют о том, что сухая бетонная смесь, помещенная в виде армодренирующего элемента в водонасыщенный глинистый грунт, набирает прочность. Несмотря на то, что не было достигнуто нормативное значение  $f_{ck}$ , полученная прочность и давление, которое способен выдержать элемент, превышает прочность слабых грунтов и среднее давление, которое обычно передается на грунтовое основание от зданий ( $P$  до 0,3 МПа).

### **Заключение**

В ходе лабораторных исследований было установлено, что армодренирующие элементы, изготовленные из сухой бетонной смеси в слабой водонасыщенной супеси, способны набрать прочность. По результатам испытания прочность на сжатие элемента с увеличением класса смеси возрастает: с  $f_{ck1}=1,2$  МПа до  $f_{ck2}=1,5$  МПа.

### **Литература**

1. Тронда, Т. В. Изменение физико-механических характеристик слабого водонасыщенного суглинка при устройстве вертикальных армодренирующих элементов / Т. В. Тронда // Проектирование, строительство и эксплуатация комплексов подземных сооружений : тр. V междунар. конф., Екатеринбург, 7-8 окт. 2016 г. / Урал. гос. горный ун-т ; редкол.: М. В. Корнилков (ответств. за вып.) [и др.]. – Екатеринбург : Изд-во УГГУ, 2016. – С. 127-130.
2. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам : ГОСТ 10180-2012. – Введ. 01.07.2013. - М. : Стандартинформ, 2013. – 31 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ СВАЙ В ГРУНТЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА PLAXIS 2D**

**Кохан П. В., Каплич А. С**

Научный руководитель – Сернов В. А.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** В данной статье представлен расчет свайных кустов в программном комплексе PLAXIS 2D. На основании полученных результатов осадок свайных фундаментов были выведены коэффициенты группового эффекта и сделаны выводы о взаимном влиянии свай в группе.

### **Введение**

Программа PLAXIS 2D – это двумерная конечно-элементная программа, предназначенная для расчета деформаций, устойчивости и фильтрации грунтовых вод в геотехнических задачах. Программа учитывает различные особенности геотехнических конструкций и процессов возведения сооружения, используя при этом хорошо отлаженные и теоретически обоснованные вычислительные процедуры [2].

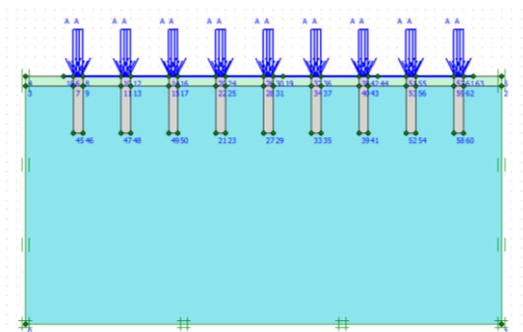
Создание PLAXIS основано на разработках Питера Вермеера из Делфтского Технического Университета, который занимался разработкой конечно-элементного комплекса для использования при проектировании оградительного сооружения Остерсхельдекеринг на Восточной Шельде в Нидерландах. Его разработки привели к созданию программы ELPLAST, определяющий несущую способность упруго пластичных грунтов с использованием 6-узловых треугольных элементах, написанной на языке FORTRAN-IV. В 1981 году Рене де Борст начал анализ исследований экспериментов по внедрению конуса в грунты, для чего ему стало необходимо разработать на основе ELPLAST решение осесимметричных задач. В итоге новая программа была названа PLAXIS (PLasticity AXISsymmetry). В 1987 году Вермеер и де Борст участвовали в раз-

работках, финансируемых министерством транспорта Нидерландов. Одной из задач развития программного комплекса был перенос программы на персональные компьютеры. И в 1987 году появилась первая коммерческая версия PLAXIS, а в 1998 году первая версия PLAXIS для операционных программ Windows 95, 98 и NT.

В результате развития программного комплекса, в 1993 г. была создана компания Plaxis BV. В 1998 г. была выпущена первая программа PLAXIS 2D для ОС Windows для двухмерного моделирования [1].

Расчет в программном комплексе PLAXIS 2D состоит из нескольких этапов.

На первом этапе моделируется геометрическая составляющая интересующей нас конструкции и задаются исходные параметры(свойства) для всех элементов модели.



**Рисунок 1 – Модель свайного куста**

На рисунке 1 показана одна из рассчитанных моделей для 9 рядов свай диаметром 1 м, длиной 5 м, расстоянием между ними 5 м. Отсутствует контакт фундаментной плиты с грунтом. Удельный вес грунта основания принят  $17 \text{ кН/м}^3$ .

Характеристики элементов модели:

- 1) грунт:  $c=1$ ,  $\varphi=35^\circ$ ,  $E=13 \text{ МПа}$ ;
- 2) свая: бетон С30/37,  $c=100$ ,  $\varphi=45^\circ$ ,  $E=33\,000 \text{ МПа}$ ,  $d=1 \text{ м}$ ;
- 3) подстилающий слой («воздух»):  $h=1 \text{ м}$ ,  $c=0,01$ ,  $\varphi=1^\circ$ ,  $E=1 \text{ Мпа}$ ;
- 4) плита:  $E_A = 7500000 \text{ кН/м}$ ,  $E_I = 1000000 \text{ кНм}^2/\text{м}$ ,  $w=10 \text{ кН/м/м}$ .

Далее строилась сетка конечных элементов. Учитывая, что в угловых точках элементов конструкции могут развиваться значительные градиенты напряжений мы рассматривали эти участки в более мелкой сетке по сравнению с остальными частями геометрической модели.

Второй этап состоит из задачи начальных условий для модели. Он состоит из 2х режимов: режима давления воды и режима геометрической конфигурации. Данный проект не рассматривает давление воды поэтому уровень грунтовых вод мы прокладываем на глубине 25 м. В режиме геометрической конфигурации мы строили поле начальных напряжений при учете полного веса грунта.

Третий этап представляет собой непосредственно расчёт модели. Изначально мы задавали 5 этапов нагружения свай, однако на исследуемый коэффициент группового эффекта это практически не влияло.

Таблица 1. – Зависимость коэффициента группового эффекта от количества свай

N, кН	$S_i$			
	$K_{гр}$			
	количество рядов свай			
	1	3	5	7
100,00	8,00	26,00	29,00	31,00
	-	3,25	3,63	3,88
300,00	21,00	69,00	73,00	78,00
	-	3,29	3,48	3,71
500,00	34,00	111,00	115,00	120,00
	-	3,26	3,38	3,53
$K_{гр, ср}$	-	3,26	3,48	3,69

Таблица 2. – Зависимость коэффициента группового эффекта от длины свай

N, кН	$S_i$					
	$K_{гр}$					
	l=5м		l=10м		l=15м	
	n=1	n=3	n=1	n=3	n=1	n=3
100,00	8,00	26,00	6,00	21,00	2,00	8,00
	-	3,25	-	3,50	-	4,00

### Окончание таблицы 2

300,00	21,00	69,00	12,00	44,00	5,00	19,00
	-	3,29	-	3,67	-	3,80
500,00	34,00	111,00	19,00	67,00	7,00	30,00
	-	3,26	-	3,53	-	4,29
К <sub>гр, ср</sub>	-	3,26	-	3,56	-	4,02

Поэтому в дальнейших расчётах мы рассматривали только 1 нагружение в 500 кН.

Получив результаты расчета модели, мы рассчитывали среднюю осадку куста свай и определяли коэффициенты группового эффекта:

$$K_{гр} = \frac{S_l}{S_1}$$

Таблица 3. – Коэффициент группового эффекта

Число рядов свай	К <sub>гр</sub>								
	l/d=5			l/d=10			l/d=15		
	a/d			a/d			a/d		
	3	5	7	3	5	7	3	5	7
3	3,26	2,91	2,47	3,56	3,01	2,68	4,02	3,27	2,71
5	3,79	3,00	2,50	3,94	3,22	2,73	4,43	3,50	2,81
7	4,06	3,06	2,68	4,31	3,37	2,95	4,57	3,68	2,89
9	4,29	3,32	2,94	4,71	4,21	3,34	4,95	4,36	3,42
	l=5м a=3м	l=5м a=5м	l=5м a=7м	l=10м a=3м	l=10м a=5м	l=10м a=7м	l=15м a=3м	l=15м a=5м	l=15м a=7м

### Заключение

На основании численных решений установлено, что при уменьшении расстояния между сваями и увеличении длины свай, а также их количества, возрастает их взаимное влияние в группе. Происходит наложение напряжений в основании свай и осадка фундамента увеличивается в сравнении с одиночной свай.

### Литература

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki/PLAXIS>
2. [http://www.nipinfor.ru/construction/engineering\\_calculations/10013/](http://www.nipinfor.ru/construction/engineering_calculations/10013/)

## **ПРОГНОЗ ДЕФЕКТОВ ИСТОРИЧЕСКИХ ЗДАНИЙ: МАВЗОЛЕЙ ХОДЖА АХМЕДА ЯСАВИ**

**Мусагулов А. С.  
(Mussagulov A. S.)**

Научный руководитель – проф. Талал Аввад (prof. Talal Awwad)  
Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева  
Астана, Казахстан

**Аннотация.** Есть много важных исторических памятников, которые принадлежат к древнейшим культурам в Казахстане. В данной статье рассматривается мавзолей Ходжа Ахмеда Ясави. Цель работы: проведение геомагнитного сканирования окружающей памятник территории для выяснения причин увлажнения северной стены Мечети.

### **Введение**

Казахстан – страна древней цивилизации. С незапамятных времен его жители, предки современных казахов, создавали свою уникальную и самобытную культуру. Некоторые выдающиеся памятники их культурного наследия сохранились в форме могильных холмов, крепостей, мавзолеев и даже целых городов.

Мавзолей Ходжа Ахмеда Ясави в Туркестане (до XVI столетия город Ясси) в Южном Казахстане – уникальный памятник прошлого казахского народа [1].

Исследование памятника состояло из трех этапов: проведение геомагнитного сканирования окружающей территории памятника, внутренних помещений и перекрытия.

Основной задачей при сканировании окружающей территории было выявление водных источников, влияющих на увлажнение стен мавзолея. В результате анализа полученных данных в северо-западной и юго-западной частях мавзолея крупных участков с повышенной влажностью не выявлено. В юго-восточной и северо-восточной частях выявлен ряд аномалий высокой и средней плотности, возможно относящийся к расположению водных источников.

Целью исследований внутренних помещений мавзолея было вы-

явление стратиграфической ситуации, а также сравнительный анализ данных окружения и внутреннего пространства объекта. Санитарное обследование проведено в двух помещениях – Кудукхана и Асхана.

Также проведены исследования на нескольких участках перекрытия с целью выявления дефектов в конструкции, а также возможных областей с повышенной влажностью. На основе анализа полученных данных дефектов на исследуемых участках не обнаружено.

Для адаптации методики к местным условиям грунта были проведены тестовые исследования по определению влажности грунта на участках с высоким уровнем влажности в естественных условиях и на искусственно созданном полигоне. Исследования проводились на территории Отрарского района.



**Рисунок 1. – Мавзолей Ходжи Ахмеда Ясави**

### **Исследование**

Первым объектом исследований было выбрано высохшее русло канала с высоким уровнем влажности и большим содержанием соли, размеры участка 34 x 9 метров, сканирование проводилось в продольном направлении с шагом линий 0,5 метра, на глубину 100 ns (3 метра).

В результате проведенных исследований был определен характер отображения данных на природных участках с высоким уровнем влажности и большим содержанием соли. Большое содержание влаги дает сильное отражение и идентифицируется в диапазоне аномалий высокой плотности [2].



**Рисунок 2. – Тестовые исследования по определению влажности грунта**

Вторым объектом исследований был искусственно созданный полигон, имитирующий локальные участки с высоким содержанием влаги. Для этого было выкопано 3 шурфа размерами 1 x 2 метра, глубина шурфов 0,5, 1, 2 метра. Шурфы были заполнены водой и засыпаны супесистым грунтом. Шурф глубиной 0,5 метра был заполнен водой полностью, шурф глубиной 1 метр заполнен до уровня 0,5 метра, шурф глубиной 2 метра заполнен до уровня 1 метр. Сканирование проводилось через 12 часов после засыпки. В результате тестирования были получены схожие данные с участком №1. Влажный грунт дает сильное отражение и идентифицируется в диапазоне аномалий высокой плотности, также при локальных очагах водонасыщения возможна их детальная локализация как на плановый срезах, так и в профиле [3].



**Рисунок 3. – Выкапывание шурфа**

Первым этапом комплексных исследований на объекте стало проведение геомагнитного сканирования окружающей территории памятника, внутренних помещений и перекрытия. Общая площадь сканирования составила 2045,5 м<sup>2</sup>.

Основной задачей при сканировании окружающей территории было выявление водных источников, влияющих на увлажнение стен мавзолея. Исследования были проведены по всему периметру объекта. Площадь сканирования составила 1817 м<sup>2</sup>, исследования проводились на глубину до 2,5 метров [3].

В результате анализа полученных данных в северо-западной и юго-западной частях мавзолея крупных участков с повышенной влажностью не выявлено. В юго-восточной и северо-восточной частях выявлен ряд аномалий высокой и средней плотности, возможно относящийся к расположению водных источников.

### **Заключение**

Целью исследования внутренних помещений мавзолея было выявление стратиграфической ситуации, а также сравнительный анализ данных окружения и внутреннего пространства объекта. Проведено сканирование в двух помещениях – Кудукхана и Асхана. Площадь исследований составила 120 м<sup>2</sup>. На всех участках исследования стратиграфическая ситуация идентична, на глубине от 180 см прослеживается стратиграфический слой с высоким уровнем плотности.

### **Литература**

1. Жанайдаров, О. Легенды Древнего Казахстана. Алматы, Аруна – 111 с.
2. Булатов, М. С. Геометрическая гармонизация в архитектуре Средней Азии. Наука - главная редакция восточной литературы – 368 с.
3. Пугаченкова, Г. А. Самарканд. Искусство - 204 с.
4. Маньковская, Л. Ю. К изучению приемов среднеазиатского зодчества конца XIV в. (мавзолей Ходжа Ахмада Яссави). Ташкент, Искусство зодчих Узбекистана - 142 с.

## **РАСЧЕТ ОСАДОК СВАЙНОГО ФУНДАМЕНТА С УЧЕТОМ МИРОВОГО И ОТЕЧЕСТВЕННОГО ОПЫТА СТРОИТЕЛЬСТВА**

**Полещук Е. В., Нудный С. А.**

Научный руководитель – Сороко Р. А.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** В статье становится задача рассмотреть действующие методы расчета осадки свайных фундаментов. На основании анализа действующих методик, предлагается наиболее учитывающий грунтовые условия строительной площадки метод.

### **Введение**

Как правило свайные фундаменты проектируются при наличии слабых грунтов у поверхности или в пределах сжимаемой толщи. Тем временем сваи передают нагрузку от здания к заглубленным более прочным слоям основания. В XX веке наметилась тенденция повышения этажности зданий. Что в свою очередь повышает нагрузки, передаваемые на основание, а также осадки сооружений. Эти обстоятельства обуславливают более широкое применение свайных фундаментов, даже при наличии у поверхности достаточно прочных грунтов. Применение свай в указанных условиях обязывает искать новые пути повышения эффективности свайных фундаментов, среди которых является важным уточнение методов расчета. Для расчета осадок свайного фундамента существует множество способов. Действующие способы определения осадок свайного фундамента имеют свои преимущества и недостатки. Что является немаловажным, в них не в полной мере учитывают грунтовые условия строительной площадки, а также недостаточно внимания уделено вопросу взаимодействия свай в группе.

Основным методом расчета свайных фундаментов в Республике Беларусь является метод послойного суммирования [1]. Сущность метода заключается в определении осадок элементарных слоев ос-

нования в пределах сжимаемой толщи от дополнительных вертикальных напряжений  $\sigma_{zp}$ , возникающих от нагрузок, передаваемых сооружениям. Для упрощения расчетной схемы свайный фундамент приводится к условному массиву. Основным недостатком данного метода является то, что в нем не учитывается взаимное влияние свай в кусте, шаг, длина и количество свай, которые оказывают значительное влияние на осадку.

В мировой практике используется метод, в котором сваи с грунтом рассматриваются как армированный массив. Основной характеристикой армированного массива является модуль деформации, который вычисляется как средний модуль деформации грунта и свай. Недостатком метода является завышенное значение модуля деформации.

Альтернативный способ расчета осадок предложен в [2]. В Российской Федерации расчет ведется методом, в котором учитывается взаимное расположение свай в группе, их длина, шаг. Осадка одиночной сваи определяется с учетом модуля сдвига, а для определения осадки группы свай представлены новые методики. Так же введены пределы применимости – осадки малой группы ( $n \leq 25$ ) и большого свайного поля определяются по-разному. При расчете осадок малой группы свай необходимо учитывать их взаимное влияние. Расчет осадки  $i$ -й сваи в группе из  $n$  свай при известном распределении нагрузок между сваями производится по формуле:

$$S_i = S(N_i) + \sum_{j=1}^n \delta_{ij} \frac{N_j}{G_1 l},$$

где  $S(N)$  — осадка одиночной сваи;

$\delta_{ij}$  — коэффициенты, рассчитываемые в зависимости от расстояния между  $i$ -й и  $j$ -й сваями;

$N_j$  — нагрузка на  $j$ -ю сваю.

$$S(N_i) = \beta \frac{N}{G_1 l}$$

$N$  - вертикальная нагрузка, передаваемая на сваю;

$\beta$  - коэффициент, определяемый по формуле:

$$\beta = \frac{\beta'}{\lambda_1} + \frac{1 - \beta'/\alpha'}{\chi}$$

$\beta' = 0,17 \ln(k_v G_1 l / G_2 d)$  - коэффициент, соответствующий абсолютно

жесткой свае;

$\alpha' = 0,17 \ln(k_{v1}l/d)$  - тот же коэффициент для случая однородного основания с характеристиками  $G_1$  и  $v_1$ ;

$\chi = EA/G_1 l^2$  - относительная жесткость сваи;

EA - жесткость ствола сваи на сжатие, МН;

$\lambda_1$  - параметр, характеризующий увеличение осадки за счет сжатия ствола;

$k_v, k_{v1}$  - коэффициенты, определяемые по формуле:

$k_v = 2,82 - 3,78v + 2,18v^2$ , при  $v = (v_1 + v_2)/2$  и при  $v = v_1$ .

Для определения осадки свай используется коэффициент, учитывающий влияние группового эффекта на осадку свай (табл. 7.19 [3]).

Анализ проведенных до настоящего времени результатов исследований напряженно-деформированного состояния грунта в основании свай и их предельных сопротивлений показал, что деформативность сваи в составе группы существенно отличаются от деформативности одиночной сваи. Однако вопрос взаимодействия свай в группе до настоящего времени недостаточно изучен и не учитывается в должной мере действующими нормативными документами.

Таблица 1. – Сравнение результатов расчета осадки свайного фундамента по [1] и его актуализированной редакции [2]

Метод	Количество свай	$S_i$ , мм			
		$l=5$ м		$l=15$ м	
		$a=0,9$ м	$a=2,1$ м	$a=0,9$ м	$a=2,1$ м
ТКП	1	0,39		0,21	
	9	5,93	3,86	3,19	2,03
СП	1	0,39		0,21	
	9	1,172	0,9126	0,914	0,6615

Для расчета по [1] был использован программный комплекс «Фундамент 13.3». Предпосылки расчета:  $d=0,3$  м – диаметр сваи,  $l=5;15$  м – длина сваи,  $E=13$  Мпа – модуль упругости грунта,  $h*b=2,1*2,1$ ;  $4,5*4,5$  м – размеры фундаментов в плане,  $a=0,9$ ;  $2,1$  м – расстояние между сваями. Для расчета по [2] при определении осадки одной сваи был использован программный комплекс

«Фундамент 13.3», для определения осадки группы свай был использован п.7.4.7 и таблица 7.19 [3]. Расчет:

$$S_{5,9}^{3d} = S_1 * R_s = 0.39 * 3.006 = 1.172 \text{ мм}$$

$$S_{15,9}^{3d} = S_1 * R_s = 0.21 * 4.35 = 0.914 \text{ мм}$$

$$S_{5,9}^{7d} = S_1 * R_s = 0.39 * 2.34 = 0.913 \text{ мм}$$

$$S_{15,9}^{7d} = S_1 * R_s = 0.21 * 3.15 = 0.662 \text{ мм}$$

На основании этого, можно заключить, что эффективным, будет метод определения осадки свайного фундамента, в котором осадка одиночной сваи берется не из таблиц нормативных документов, где записано осредненное значение по результатам большого количества испытаний статической нагрузкой, а по результатам испытаний свай перед массовой забивкой, на конкретном строительном объекте. Для каждого здания и сооружения перед массовой забивкой свай необходимо испытать определенное количество свай статической нагрузкой: 0.5-1% - для зданий II уровня ответственности, 2% - для зданий I уровня ответственности.

При испытании одиночной сваи статической нагрузкой для неё будет полностью учтена схема взаимодействия сваи с грунтом, учтены технологические особенности изготовления свай, грунтовые условия строительной площадки и перераспределение нагрузки между сваями.

Так же эффективно окончательный расчет производить по испытаниям свай с учетом коэффициента группового эффекта ( $K_{гр}$ ,  $R_s$ ). В белорусских нормах такой показатель отсутствует, значит тема является актуальной, так как она позволяет уточнить методику расчета и повысить надежность и экономичность проектных решений.

### **Заключение**

Методы определения осадки свайных фундаментов, реализованные в действующих на данный момент нормативных документах, не в полной мере учитывают грунтовые условия и технологические особенности изготовления свай, в некоторых случаях более рациональным является расчет осадки свайных кустов с использованием данных по осадке одиночной сваи со строительной площадки и коэффициента группового эффекта.

## **Литература**

1. ТКП 45-5.01-254-2012 «Основания и фундаменты зданий и сооружений. Основные положения. Строительные нормы проектирования».
2. СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты».
3. СП 50-102-2003 «Проектирование и устройство свайных фундаментов».

## **СТРОИТЕЛЬСТВО В СЛАБЫХ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ГРУНТАХ**

**Чешейко А. Н., Репях А. А.**

Научный руководитель – Уласик Т. М.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** Строительство в слабых водонасыщенных грунтах принципы расчёта и проектирования оснований, способы уплотнения оснований, фундаменты на заторфованных грунтах.

### **Введение**

За последние годы строительство на слабых водонасыщенных грунтах приобрело большой размах в связи с ограничением использования пахотных земель для строительства зданий и сооружений. Поэтому проблема строительства на этих грунтах становится особенно актуальной. Физико-механические свойства слабых водонасыщенных глинистых грунтов определяются рядом факторов (минералогический, химический состав, природное состояние и др.). Методы строительства зданий и сооружений на водонасыщенных слабых глинистых грунтах определяются рядом условий.

### **1. Принцип расчёта и проектирования оснований**

К слабым водонасыщенным грунтам относят насыщенные водой сильносжимаемые грунты, которые при обычных скоростях приложения нагрузок на основание теряют свою прочность, вследствие чего уменьшается их сопротивление сдвигу и возрастает сжимаемость. Текучее состояние грунта определяется степенью нарушения структурных связей. При расчете осадок сильносжимаемых водонасыщенных глинистых оснований возникает необходимость учета ползучести, нелинейной деформируемости и проницаемости. При прохождении сейсмических волн через слабый водонепроницаемый грунт возникает поровое давление и снижаются прочностные характеристики грунта. В этих условиях рекомендуется применять сваи-стойки с полной прорезкой слабых грунтов и

опиранием на прочный. В случае, когда методы уплотнения и упрочнения не дают эффекта, а осадка превышает предельную, необходимы конструктивные мероприятия. Осадки фундаментов вычисляются с использованием расчетных схем в виде линейно-деформированного пространства или линейно-деформируемого слоя. Границу сжимаемой толщи определяют на такой глубине, где дополнительные напряжения равны 3 кПа – для илов, а для заторфованных грунтов на глубине, где дополнительное к природному давлению равно структурной прочности.

## **2. Способы уплотнения оснований**

**Фильтрующая пригрузка.** Эффективно предпостроечное уплотнение слабых водонасыщенных грунтов. С этой целью устраивают фильтрующую пригрузку. Время уплотнения водонасыщенного грунта почти прямо пропорционально квадрату расстояния до дренажной поверхности. Для сокращения расстояния движения отжимаемой воды устраивают вертикальные песчаные дрены диаметром 0,4 ... 0,6 м с расстоянием друг от друга 2,5 м. Вертикальные дрены поверху объединяют песчаной фильтрационной подушкой толщиной 0,6 ... 1 м.

Осадка сильносжимаемого грунта зависит от сроков консолидации и от дренирования основания. Осадка недренированного основания пригруженного фильтрующей насыпью в заданный момент времени.

**Песчаные подушки.** На практике для снижения величины и неравномерности осадок фундаментов часто устраивают песчаные подушки толщиной до пяти метров. С их помощью удается уменьшить глубину заложения фундаментов и распределить давление на большую площадь, уменьшить размеры фундаментов. Песчаные подушки устраивают из средне- и крупнозернистых песков, щебня, гравия, гравийно-песчаной смеси.

**Известковые сваи.** В ряде случаев целесообразно применять известковые сваи. В толще грунтов под защитой обсадных труб пробуривают скважины диаметром 30 ... 50 см. Их заполняют негашеной комовой известью слоем около одного метра. В обсадную трубу спускают трамбовку массой 300 ... 400 кг и производят уплотнение. Снова насыпают слой извести и утрамбовывают и т.д.

Песчаные сваи устраивают путем забивки в грунт металлической

трубы с закрытым концом. Полость заполняют песком с тщательным уплотнением. Вокруг ствола сваи образуется уплотненная зона слабого грунта диаметром до полутора метров (при диаметре сваи 0,4 ... 0,5 м).

**Электрохимическая обработка.** Электрохимическая обработка подразделяется на: электроосушение, электролитическую обработку и электросиликатизацию. Долговременное необратимое упрочнение можно получить при введении химических добавок.

Упрочнение грунта происходит благодаря электрохимическим и структурообразовательным процессам, происходящим в глинистом грунте при пропускании постоянного электрического тока и введении электролитов.

**Свайные фундаменты.** Их применяют при сравнительно небольшой толщине слабых грунтов (до 12 м), подстилаемых прочными. Сваями прорезают полностью слабый грунт с опиранием на прочный. При забивке свай резко возрастает поровое давление, вследствие чего снижается несущая способность сваи. Со временем поровое давление снижается практически до нуля, а несущая способность сваи возрастает.

В условиях слабого глинистого основания возможно проявление отрицательного трения. Оседающий вокруг сваи грунт нагружает ее. Величина отрицательного трения может достигнуть 500 кН.

**Метод интенсивного ударного уплотнения.** Имеет две разновидности: метод динамической консолидации и метод ударного разрушения.

Работы по динамической консолидации выполняют по многоэтапной схеме с длительными (до месяца) перерывами между этапами, в течении которых рассеивается поровое давление.

Метод ударного разрушения применяют к грунтам с относительно невысоким водонасыщением. Длительность между этапами здесь не существенна.

Для закрепления слабых грунтов применяют: одно- и двухрастворную силикатизацию, смолизацию, одно- и двухрастворную электросиликатизацию, электролитическую обработку, электроосушение.

### **3. Фундаменты на заторфованных грунтах**

Встречаются торфы с поверхности водонасыщенные неуплот-

ненные, погребенные слабоуплотненные, погребенные в толще природных грунтов.

Торф отличается: большой сжимаемостью, малым сопротивлением сдвигу, значительной усадкой при осушении, ярко выраженными реологическими свойствами.

Получили распространение следующие способы инженерной подготовки территории: выторфовывание (полное удаление торфа и замена его минеральным грунтом); осушение (длительный процесс, сопровождающийся большими осадками поверхности);

Расчет оснований, сложенных биогенными грунтами должен производиться с учетом скорости передачи нагрузки, изменения эффективных напряжений в грунте в процессе консолидации основания и анизотропии свойств грунтов.

Опираие фундаментов на поверхность заторфованных грунтов не допускается. При полной застройке намывных территорий рекомендуется выполнять геологическое районирование. Грунты, одинаковые в производственном отношении, объединяются в комплексы.

### **Заключение**

В последние годы и, как очевидно, в последующие строительство на слабых водонасыщенных грунтах приобретает все больший размах. Однако упомянутые грунты имеют ряд специфических свойств (ползучесть, разжижение и др.) не характерных для обычных. Поэтому строительство на таких грунтах имеют свои трудности и особенности, что и было рассмотрено в данной научно исследовательской работе.

### **Литература**

1. Антонов, В. М., Леденев, В. В., Скрылев, В. И. Проектирование зданий в особых условиях строительства и эксплуатации.: Учеб. пособ. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2002. – 240с.
2. Грутман, М. С., Свайные фундаменты, К., 1969; Трофименков Ю. Г., Ободовский А. А., Свайные фундаменты для жилых и промышленных зданий, 2 изд. – М., 1970. – 287с.
3. СНиП РК 5.01-03-2002 Свайные фундаменты.
4. СНиП РК 5.01-01-2002 Основания зданий и сооружений.

## **РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИЧЕСКИХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В СЛОЖНЫХ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

**Шарапиденов А. А.  
(Sharapidenov A. A.)**

Научный руководитель – проф. Талал Аввад (prof. Talal Awwad)  
Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева  
Астана, Казахстан

**Аннотация.** Сохранение древних зданий является серьезной проблемой современного общества, как с экономической, так и с культурной точек зрения. Используя исторические здания и сооружения в Казахстане в качестве примера, в работе представлен обзор построения типологии и материалов, повреждения в ограждающих конструкциях здания, обследование внутренних повреждений, а также измерение температуры воздуха и относительной влажности.

### **Введение**

Из-за совместного воздействия окружающей среды (землетрясения, загрязнения воздуха, микроклимата и т. д.) и отсутствия технического обслуживания, большинство исторических наследии повреждено. Влажность является одним из основных источников проблем в зданиях по всему миру. Влага может повредить структуру здания, отделочные и мебельные материалы, и может увеличить передачу тепла через ограждающие конструкции, таким образом, и общее потребление энергии здания. Связанные с влагой проблемы обычно более серьезны в жилых зданиях из-за отсутствия кондиционирования воздуха и присутствия более интенсивных источников влаги [1]. Чрезмерное увлажнение под бетонным покрытием следует учитывать, что оно вызывает рост кустарника в трещине между зданием и дорожным покрытием и приводит к увлажнению основания памятника с капиллярной накачкой.

### **1. Геотехническая ситуация на объекте**

В связи с реставрацией мавзолея Арыстан-Баба (рис. 1) были

проведены комплексные научно-исследовательские и проектные работы по решению геотехнических проблем сооружения. Анализ средних показателей физико-механических свойств грунтов позволил выделить 3 инженерно-геологических элемента. Особый интерес представляет слой непосредственно под подошвой бесфундаментных стен и фундаментов с глубиной заложения до 1,0 м. Это суглинок твердой-полутвердой консистенции, непросадочный, однородный, с редкими включениями обломков кирпича и растительных остатков в верхней части слоя, мощностью 1,0 – 1,5 м. Можно предположить, что это искусственно уплотненный в отрытой траншее слой суглинка. Либо это слой, выполненный методом «залива» в траншее шириной, превышающей толщину стен; он обладает вполне определенными и достаточно близкими показателями физико-механических свойств второго слоя (суглинок темно-коричневый твердой-полутвердой консистенции, непросадочный, с корнями растительности, мощностью 3,3 – 3,6 м).



Рисунок 1. – Арыстан-Баб (ЮКО)

## **2. Способы защиты и реконструкций исторических зданий на примере исторического здания Мавзолея Арыстан Баб**

Как показывает мировая практика, процессы засоления в благоприятных геологических и гидрогеологических условиях наблюдаются на многих исторических памятниках, особенно в районах с жарким климатом и значительными перепадами температур наружного воздуха. Сам процесс происходит в капиллярной зоне циклично и может сопровождаться процессами рекристаллизации солей с увеличением их объема. Это может быть причиной появления тре-

щин в кладке стен, особенно в ослабленных проемами сечениях. Одним из путей начала решения этой проблемы является понижение капиллярной зоны ниже дневной поверхности. В 2004г. был разработан проект специализированных работ по регулированию водно-влажностного режима наземной и подземной частей главного фасада мавзолея [3]. Предложено применить способ испарения влаги путем обеспечения естественной вентиляции воздуха через пористый материал обратной засыпки траншей с наружной, внутренней и частично нижней поверхностями грунта, кирпичных стен (фундаментов). Интенсивность вентиляции и испарения влаги стимулируется установкой вертикальных асбоцементных труб диаметром 100 мм, в стенках которых по всей высоте выполнены продольные прорезы. План сооружения с контуром траншей и шагом расстановки вентиляционных труб приведена на рисунке 2.



**Рисунок 2. – Схема расположения траншей и вентиляционных труб**

Специализированные работы, выполненные на объекте, не решают полностью все геотехнические проблемы. Следующая задача – борьба с солью в стенах сооружения. Так же необходима организация мониторинга сооружения и окружающей среды.

## **Заключение**

Связанные с влагой проблемы могут быть подтверждены как самые важные дефекты, которые объединены с несоответствующей инсоляцией, вентиляцией, нагреванием и чрезмерной влажностью внутреннего производства. Специализированные работы, выполняемые на площадке, не могут быть полным решением всех геотехнических задач. Следующая цель - контролировать соль в строительных стенах. Также необходимо организовать мониторинг строительства и окружающей среды. необходимо провести подробные и углубленные исследования, чтобы выяснить лучшие технологические методы улучшения грунта.

## **Литература**

1. A. Zhussupbekov, T. Zhunisov, A. Issina, T. Awwad (2013). Geotechnical and structural investigations of historical monuments of Kazakhstan. Proceedings of Second International Symposium on Geotechnical Engineering for the Preservation of Monuments and Historic Sites, Naples, Italy, 2013. PP 779-784.
2. Talal Awwad (2013). The Role of Soil Improvement for Conservation of Syrian Historical Monuments. Proceedings of Workshop ATC19, 18<sup>th</sup> ICSMGE 18th ICSMGE World Congress, Paris, September, 2013. PP 89-94.
3. Ретхати Л. Грунтовые воды в строительстве / Перевод с англ. Под ред. В.А. Кирюхина. М.: Стройиздат, 1989.

### **РАЗДЕЛ 3**

## **ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

## ВЛИЯНИЕ ДОЛГОСТРОЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

**Акулова А. А., Драченко А. С.**

Научный руководитель – Ленкевич Р. И.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** Долгострой - проблема любого развивающегося города. Что это такое? Самые известные минские долгострои. Каким атмосферным, химическим и биологическим агрессивным воздействиям подвергаются такие здания. Как долгострой влияют на воду, воздух и грунты.

### **Введение**

Долгострой - проблема любого развивающегося города. Территории с замороженными стройками фактически выключены из городской жизни. И задача властей - сделать так, чтобы работа на стройке возобновилась либо недостроенный объект был снесен, а территория благоустроена.

Как таковой термин «долгострой» в Градостроительном кодексе отсутствует. Его используют как условное обозначение брошенных строительных объектов, на которые застройщик получил разрешение. К сожалению, в Республике Беларусь пока нет юридической трактовки и обоснования этого определения. О проблеме долгостроев в Минске особенно активно заговорили после кризиса 2011 года. Основная причина (до 70% обращений), по которой заказчики обращаются за переносом сроков — это неритмичное финансирование или отсутствие источников финансирования строительства. В Минске очень много долгостроев, которые хоть и имеют реальных собственников, но принадлежат лишь ветру и солнцу. Взять хотя бы самые известные минские долгострой:

- 1) Недостроенный корпус инструментального завода;
- 2) Корпус энергетического факультета БНТУ;
- 3) Овощехранилище «Лямбда»;
- 4) Несостоявшийся корпус стоматологического факультета;

- 5) Магазин наглядных пособий («Объект 2088»);
- 6) ГСК «Лада»;
- 7) Зброшенный Дом спорта.

Эти здания подвергаются атмосферному, химическому и биологическому агрессивному воздействию. Т.к. строительство и отделка зданий долготроя не завершено, то в трещинах и швах может накапливаться пыль, влага, самосевные травы и деревья, а также различные микроорганизмы. Самосевные травы и деревья способны разрушить кирпичную и каменную кладку своими корнями. Так же есть много организмов, которые могут оказывать негативное воздействие на строительные материалы и конструкции. Это микроскопические водоросли, бактерии, лишайники, мхи, грызуны, жуки, черви, высшие растения, грибы. Так в заброшенном долготрое овощехранилища «Лямбда» бетонный пол покрыт мхом, а на крыша зеленеет травой. А корпусе стоматологического факультета уже пробиваются кустарники. Химическое воздействие на строительные конструкции оказывают микроорганизмы: бактерии, плесневые грибы, микроводоросли и лишайники. В процессе своей жизнедеятельности микроорганизмы продуцируют ферменты, спирты, органические и неорганические кислоты, а еще аммиак, сероводород и углекислый газ. А также на конструкциях накапливаются такие опасные вещества как:

- токсичные – оказывают вредное воздействие (фенол, сероводород, формальдегид, сероуглерод);
- сенсублизирующие (от лат. слова *чувствительность*) – повышают чувствительность организма к воздействиям химических соединений и лежат в основе аллергии (пыль, нитраты);
- мутагенные – вызывают изменения наследственных свойств в организме в результате нарушений в генетическом материале (формальдегид, свинец);
- канцерогенные (от лат *«канцер» - рак*) – вызывают образование раковых клеток и опухолей (пыль, формальдегид, бензол);
- тератогенные (от греч *«теротос» - чудовище*) – воздействуют на эмбрион и вызывает аномалии и уродства (диоксины, фураны).

Продукты жизнедеятельности микроорганизмов могут играть роль мощнейших катализаторов процессов, разрушающих строительные материалы и конструкции. Под воздействием метаболитов биодеструкторов разрушаются бетоны, природный камень, отделочные материалы. Многие виды микроорганизмов способны сорбировать влагу из воздуха, что ведет к избыточному увлажнению строительного материала, растворению загрязнителей, и развитию других микроорганизмов. В домах, с незавершенным строительством не предусмотрена защита от биологических, химических и даже атмосферных осадков.

Мы рассмотрели влияние на долгострой окружающей среды, теперь обсудим как такие здания влияют на воду, воздух и грунты. Воздействие на окружающую среду происходит как во время самого строительства, так как оно нуждается в достаточном количестве сырья, стройматериалов, энергетических, водных и других ресурсах, так и при эксплуатации уже построенных объектов. Но так как у на объект не сдан в эксплуатацию, он по своей сути нерентабельный. Однако с его появлением уже идет нарушение режима освещённости солнцем поверхности земли (инсоляция), нарушение ветрового, гидрологического режима территории, уменьшение количества растительности, загрязнение почвы, воды и запыление. Когда недостроенные здания долго стоят без какой-либо кровли могут образоваться провалы, пробойны и различные деформации грунтов, еще возможны изменения физико-механических и прочностных характеристик грунтов. Так же эти заброшенные здания привлекают к себе бомжей, наркоманов и экстремалов. Помещения здания заполняются мусором, из-за обветшания происходят обвалы, высока вероятность возникновения пожаров. Из-за грязи в таких сооружениях полно микроорганизмов, которые загрязняют воздух, выделяют аммиак и углекислый газ.

### **Заключение**

В настоящее время чиновники вместе с различными застройщиками решают проблему долгостроев и проблемных домов в Беларуси. Такие дома достраиваются, но их очень сложно сдать. Потому что за то время, пока строительство здания не велось по тем или другим причинам, здания успевают обветшать, материалы – разрухнуться от влаги, в помещениях может завестись грибок, плесень и

опасные вещества. Чем более продолжительный будет перерыв в строительстве, тем сложнее застройщикам будет сдать дом в эксплуатацию пройти экспертизу МЧС и Госстройнадзора, при этом, в идеале, должны быть учтены экономические, медицинские, экологические, юридические, эстетические и другие важные параметры.

### **Литература**

1. Влияние строительства на окружающую среду и мероприятия по борьбе с негативными воздействиями [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.scienceforum.ru/2015/927/14402>– Дата доступа: 01.04.2017.
2. Инженерно-строительный журнал №7, 2010 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://engstroy.spbstu.ru/index\\_2010\\_07/starcev\\_bio.pdf](http://engstroy.spbstu.ru/index_2010_07/starcev_bio.pdf)– Дата доступа: 01.04.2017.
3. Микология. Биоповреждение зданий- одна из причин микозов и микогенной аллергии у городских жителей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rusmedserv.com/mycology/html/antonov.htm> –Дата доступа: 03.04.2017.
4. Недвижимость TUT.BY [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://realty.tut.by/news/offtop-realty/518759.html>. – Дата доступа: 01.04.2017.
5. Топ-10: какая судьба ждет известные долгострой Минска [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://realt.onliner.by/2013/08/22/dolg-15>– Дата доступа: 01.04.2017.

## **РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

**Арийчук Д. В., Тихон К. Н.**

Научный руководитель – Банников С. Н.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** Инженерные изыскания в строительстве являются одним из обязательных этапов работ, предшествующих проектировочным мероприятиям. На этой стадии специалисты определяют характеристики местности, свойства грунта, возможности применения тех или иных мероприятий.

### **Введение**

По состоянию на 2017 радиационная обстановка на территории Республики Беларусь стабильная, мощность дозы (МД) гамма-излучения соответствует установившимся многолетним значениям. В настоящее время при строительстве инженерных сооружений должны проводиться радиационно-экологические исследования. Эта проверка выполняется для измерения радиационного фона зданий, помещений, участков застройки, территории жилой или производственной зоны. Исследования проводятся как на предпроектной стадии, так и на этапах разработки проекта и подготовки рабочей документации.

### **Меры предосторожности от радиации при строительстве**

В целях защиты населения от влияния природных радионуклидов должны осуществляться:

- Выбор земельных участков для строительства сооружений с регистрацией со степенью выделения радона из почвы и гамма-излучения;
- Проектирование и строительство сооружений с учетом предотвращения поступления радона в воздух этих помещений;
- Осуществление производственной проверки строительных

материалов, приемка сооружений в эксплуатацию с регистрацией со степенью содержания радона в воздухе помещений и гамма-излучения природных радионуклидов;

- Работа сооружений с регистрацией со степенью содержаний радона и гамма-излучения природных радионуклидов.

Способ обследования и критерии оценки радиационной безопасности строительных площадок и сооружений размещены в ТКП 45.2.03-134-2009(02250).

Радиационный анализ и анализ включает в себя:

- Оценка мощности дозы гамма-излучения на границах строительства;
- Оценка радиоопасности на границах строительства;
- Оценка радиационных характеристик грунтов.

Оценка мощности дозы гамма-излучения устанавливается спектрометром МКС-АТ6101Д.



**Рисунок 1. - Спектрометр МКС-АТ6101Д**

При выборе местности под строительство жилых домов уровень мощности дозы гамма-излучения не должен превышать 0,3 мкЗв/ч. Если уровень мощности дозы гамма-излучения превышает допустимую, то нужно руководствоваться требованиями таблицы 1.

**Таблица 1. – Требование для очистки радиоактивных загрязнений**

Значения МД-γ в пределах участка застройки, мкЗв/ч	Требования к работам по удалению загрязненной почвы
$H < 0,3$	Радиоактивные загрязнения на участке застройки отсутствуют, грунты могут использоваться без ограничений.

$0,3 \leq H \leq 1,0$	Загрязненная почва может быть использована для засыпки ям, котлованов и т. п. с последующей рекультивацией этих мест. Не допускается использование загрязненной почвы для устройства подсыпок под зданием и вокруг фундамента.
$1,0 < H \leq 3,0$	Загрязненная почва должна быть вывезена на специально выделенный участок на полигоне промышленных и бытовых отходов с последующей рекультивацией этого участка.
Значения МД- $\gamma$ в пределах участка застройки, мкЗв/ч	Требования к работам по удалению загрязненной почвы.
$H > 3,0$	Загрязненная почва должна быть вывезена на специальный пункт захоронения радиоактивных отходов с соблюдением правил обращения с радиоактивными отходами.

Оценка радиационных характеристик грунтов устанавливается гамма-радиометром спектрометрического типа РГК-АТ1320.

Оценку характеристики грунтов проводят из проб, отобранных послыно, лабораторным методом с использованием стационарного гамма-спектрометра в соответствии с ГОСТ 30108. Схема обследования участков приведена в таблице 2.

Таблица 2. – Схема радиационного обследования участков под застройку

Вид работ	Объект исследований	Объем исследований
Поисковая пешеходная гамма-съемка с целью выявления радиационных аномалий	Землеотводы под строительство	
	Микрорайоны (кварталы)	Проведение непрерывного прослушивания звукового сигнала дозиметра на параллельных маршрутах через 5 м с оконтуриванием аномалий с МД- $\gamma$ более 0,3 мкЗв/ч.
	Отдельные здания	Проведение непрерывного прослушивания звукового сигнала дозиметра на параллельных маршрутах через 2,5 м с оконтуриванием аномалий с МД- $\gamma$ более 0,3 мкЗв/ч.

Вид работ	Объект исследований	Объем исследований
Дозиметрическая гамма-съемка с целью оценки радиационной обстановки	Землеотводы под строительство	
	Микрорайоны (кварталы)	Измерение МД-γ с детализацией в местах аномалий не менее 20 точек на 1 га.
	Отдельные здания	Измерение МД-γ с детализацией в местах аномалий не менее 10 точек на 1 га.
Гамма-спектрометрическое определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов в грунтах	Строительная площадка	
	При отсутствии насыпных грунтов	Проведение исследований двух проб на 1 га (но не менее двух проб с участка) с поверхности грунта, а также по две пробы из каждой аномалии.
	На насыпных грунтах	Проведение исследований восьми проб на 1 га (но не менее четырех проб с участка) с поверхности грунта, а также через 1 м по высоте насыпного слоя на площади застройки.



**Рисунок 2. - Гамма-радиометр спектрометрического типа РГК-АТ1320**

Все исследования и изыскания должны производиться Министерством архитектуры и строительства РБ или иными организациями. Всю ответственность за работу проводящая исследования, несет руководитель ведомства или учреждения, к которому относится лаборатория, в соответствии с договором, заключенным между исполнителем и заказчиком.

## Литература

1. Радиация. Дозы, эффекты, риск. Пер. с англ. - М.: Мир, 1990.
2. Губская, А. Г. Решение проблемы защиты населения Могилевской области от воздействия радона / А. Г. Губская, Л. В. Липницкий, С. П. Лярский // Белорусский строительный рынок. - 2003. - № 17-18.
3. Порядок проведения обследования зданий, сооружений и конструкций на радонобезопасность: РДС 1.01.18-2002.

## СЛАНЦЕВЫЙ ГАЗ

**Барановская А. А., Куксина А. А.**

Научный руководитель – Мякота В. Г.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** Цель нашего доклада рассказать о технологии добычи сланцевого газа, его плюсах и минусах, и о перспективах его добычи.

### **Введение**

Сланцевый природный газ – это природный газ, добываемый из горючих сланцев, который состоит преимущественно из метана.

Первая коммерческая газовая скважина в сланцевых пластах была пробурена в США в 1821 году Вильямом Хартом во Фредонии, Нью-Йорк, который считается в США «отцом природного газа». Инициаторами масштабного производства сланцевого газа в США являются Джордж П. Митчел и Том Л. Уорд.

Масштабное промышленное производство сланцевого газа было начато организацией Devon energy в США в начале 2000-х на месторождении Barnett Shale, которая на этом месторождении в 2002 г. Пробурила впервые горизонтальную скважину. Благодаря резкому росту его добычи, названному в СМИ «газовой революцией», в 2009 году США стали мировым лидером добычи газа (745,3 млрд куб.м), причём более 40% приходилось на нетрадиционные источники.

### **Технология добычи**

Защитники природы бьют тревогу: технология добычи сланцевого газа убивает окружающую среду. Эта технология называется «фрекинг». И она имеет множество минусов:

- во-первых, на одну скважину тратится в среднем 19 млн. литров воды, а это примерно столько, сколько требуется для обеспечения 1000 человек на один год;
- во-вторых, в растворе, который закачивается в одну скважину,

содержится от 80 до 300 тонн химикатов, радиоактивных элементов и нефтепродуктов;

- в-третьих, часть этих химикатов испаряется и образует в воздухе канцерогены;

- в-четвёртых, тяжёлые металлы, которые также содержит раствор для гидравлического разрыва, остаются под землёй, вследствие чего имеется огромный риск заражения чистой питьевой воды.

### **География, оценка запасов и перспективы добычи сланцевого газа**

Ресурсы сланцевого газа в мире составляют 200 трлн куб. м. В настоящее время сланцевый газ является региональным фактором, который имеет значительное влияние только на рынок стран Северной Америки.

В числе факторов, положительно влияющих на перспективы добычи сланцевого газа: близость месторождений к рынкам сбыта; значительные запасы; заинтересованность властей ряда стран в снижении зависимости от импорта топливно-энергетических ресурсов. В то же время у сланцевого газа есть ряд недостатков, негативно влияющих на перспективы его добычи в мире. Среди таких недостатков: относительно высокая цена без наценки; непригодность для транспортировки на большие расстояния; быстрая истощаемость месторождений; значительные экологические риски при добыче.

В начале апреля 2010 года сообщалось, что в Польше открыты значительные запасы сланцевого газа, освоение которых планировалось в мае того же года фирмой Conoco Phillips.

Крупные месторождения сланцевого газа обнаружены в ряде государств Европы, в частности, в Австрии, Англии, Венгрии, Германии, Польше, Швеции, Украине.

В мае 2012 года стали известны победители аукциона по разработке Юзовской и Олесской газовых площадей. Ими стали Shell и Chevron, соответственно. Ожидается, что промышленная добыча на этих участках начнётся в 2018 – 2019 годах. 25 октября 2012 Shell начала бурение первой поисковой скважины газа. Соглашение между организацией Shell и «Надра Юзовская» о разделе продукции от добычи сланцевого газа на Юзовском участке Харьковской и До-

нецкой областях было подписано 24 января 2013 года, в Давосе (Швейцария) при участии президента Украины.

Залежи сланца, из которого можно добывать сланцевый газ, весьма велики и находятся в ряде стран: Австрия, Индия, Китай, Канада.

Китай планирует в 2015 году добыть 6,5 млрд кубометров сланцевого газа. Общий объем производства природного газа в стране вырастает на 6% с текущего уровня. К 2020 году Китай планирует выйти на уровень добычи в диапазоне от 60 млрд до 100 млрд кубометров сланцевого газа ежегодно.

### **Заключение**

По оценке HIS CERA, добыча сланцевого газа в мире к 2018 году может составить 180 млрд кубометров в год.

Открытие новых источников энергетических ресурсов является для человечества потребностью и однозначной необходимостью. В последнее время всеми энергозависимыми странами активно развиваются технологии-заменители по производству возобновляемого топлива: атомной энергетике, ветроэнергетике и солнечной энергетике, инновационные методики на базе генетически модифицированных организмов.

### **Литература**

1. Проблемы подземной и открытой разработки горючих сланцев и нерудных материалов» [Текст]. - 1984. - 87 с.
2. Горючие сланцы европейского Севера СССР [Текст] / [Л.Ф. Васильева, В.А. Дедеев, Л.А. Дурягина и др.]; отв. ред. В. А. Дедеев и др.; АН СССР, Урал. отд-ние, Ин-т геологии. - Сыктывкар: Коми науч. центр УрО АН СССР, 1989. - 151 с.
3. Технология добычи сланцевого газа /К. С. Григоренко, Г. Г. Пятышкин// Металлургия XXI столетия глазами молодых: всеукраинская научно-практическая конференция студентов: сборник докладов /ГВУЗ "ДонНТУ", Физико-металлургический ф-т ; редкол.: С.М. Сафьянц (пред.) и др. - Донецк: ДонНТУ, 2012.

## **ЦЕЛЛЮЛОЗА И ЕЁ ПРОИЗВОДНЫЕ**

**Голобородова А. К.**

Научный руководитель – Крошнер И. П.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** Большинство экспериментов, связанных с химическими производными целлюлозы требуют применения сложной аппаратуры, соблюдения высоких температурных режимов и затраты большого количества времени, что не всегда подходит для школьных лабораторных условий.

### **Введение**

Сколько лет человечеству, столько лет и его борьбе с природой. Человечество прошло в своем развитии долгий путь от неспособности противостоять силам природы до понимания взаимосвязи явлений природы и использования их в своих целях. И прежде всего люди научились добывать и применять различные природные материалы. В силу ряда случайностей свойства природных материалов непостоянны. Их можно улучшить путем воздействия на растительные и животные организмы. Но есть и другой путь - мы можем изменить сами природные материалы, подвергая физическим и химическим воздействиям и изменяя их свойства. К "исправленным" природным веществам относится и целлюлоза. Огромные молекулы этих соединений образуют длинные более или менее скрученные или растянутые цепи. Основные "кирпичики", из которых они строятся - это в случае целлюлозы - молекулы глюкозы. Разнообразнее всего до сих пор варьировалось строение целлюлозы. Чего только не получают из нее - бумагу, взрывчатые вещества, пластмассы, искусственный шелк, штапельное волокно!

### **Актуальность**

Большинство экспериментов, связанных с химическими производными целлюлозы требуют применения сложной аппаратуры, соблюдения высоких температурных режимов и затраты большого

количества времени, что не всегда подходит для школьных лабораторных условий. Поэтому, при разработке и проведении опытов мы руководствовались следующим:

- 1) время, затрачиваемое на проведение эксперимента должно быть непродолжительным;
- 2) опыты должны быть доступными, не требующими сложной аппаратуры и специальных условий;
- 3) эксперименты должны быть наглядными;
- 4) малый расход реактивов.

### **Цель**

Изучить историю, получение, свойства, применение целлюлозы и продуктов ее переработки. Исследовать свойства волокон на основе целлюлозы. Получить различные химические производные целлюлозы, отобрать наиболее приемлемые способы их получения в химической лаборатории, найти альтернативное применение химическим производным целлюлозы.

### **Задачи:**

Получить:

- 1) динитрат и тринитрат целлюлозы;
- 2) химические волокна (ацетатное, медно-аммиачное);
- 3) слоистые пластики на основе целлюлозы (гетинакс и текстолит);
- 4) различные виды бумаги (несгораемая, пергаментная, непромокаемая, копировальная, бумага для осветления всякого рода жидкостей, калька);
- 5) шлакобетонный блок из отходов целлюлозы.

Методы, используемые в работе:

- 1) литературный;
- 2) статистический;
- 3) наблюдение;
- 4) химический эксперимент.

### **Практическая часть исследования**

1. Исследование свойств волокнистых материалов.

2. Получение динитрата и тринитрата целлюлозы.
3. Получение коллодия.
4. Получение ацетатного шелка.
5. Получение медно-аммиачного шелка.
6. Получение текстолита и гетинакса.
8. Получение различных видов бумаги путем химической обработки.
  - 8.1. Получение пергаментной бумаги.
  - 8.2. Получение несгораемой бумаги.
  - 8.3. Получение копировальной бумаги.
  - 8.4. Получение непромокаемой бумаги.
  - 8.5. Получение кальки.
  - 8.6. Получение бумаги для осветления всякого рода жидкостей.
  9. Получение шлакобетонного блока.

### **Заключение**

В заключении приведены рекомендации по получению химических производных целлюлозы:

1. При получении динитрата целлюлозы следует соблюдать меры безопасности. Эфир очень огнеопасен! В помещении не должно быть огня!

2. При всех опытах по нитрованию целлюлозы и операциях с полученными нитратами мы избегали растирания или ударов стеклянной палочкой, так как это может привести к воспламенению.

3. При растворении цинка выделяется большое количество водорода. Поэтому вблизи не должно быть открытого огня, и опыт нужно проводить у открытого окна или в вытяжном шкафу.

4. При получении ацетатного шелка прядильный раствор нужно медленно (!) выдавливать его из шприца без иглы, осторожно наматывать полученную нить на рамку из изогнутой стеклянной палочки. (фото 6) Сушку можно ускорить при обработке умеренно подогретым воздухом. Для этого мы использовали, например, электрическую плитку с закрытым нагревательным элементом. (Ни в коем случае не применять источник открытого огня!).

### **Литература**

1. Чертков, И. Н. Эксперимент по полимерам в средней школе. 1961.

2. Буцкус, П. Ф. Книга для чтения по органической химии/ П. Ф. Буцкус. - М.: Просвещение, 1975.
3. Зоммер, К. Аккумулятор знаний по химии/ К. Зоммер. - М.: Мир, 1985.
4. Соловьев, Ю. И. История химии / Ю. И. Соловьев, Д. Н. Трифонов, А. Н. Шамин. - М.: Просвещение, 1984.

## ОЧИЩЕНИЕ ПРИРОДНЫХ ВОД

**Голёнко Ю. Н., Манюк А. Н.**

Научный руководитель – Анисимов Ю. В.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** В данной статье рассмотрена такая проблема как очищение природных вод. Проанализированы современные методы очистки воды, их плюсы и минусы. На основе проведенного анализа предлагается использовать новый образец современной технологии – «питьевая книга».

### **Введение**

21 век – век цифровой техники и нанотехнологий. Человек сделал множество изобретений для удобства жизни. Но проблем с каждым годом становится все больше. Один из самых острых вопросов на сегодняшний день – загрязнение окружающей среды, значительное сокращение чистых пресных вод.

### **Загрязнители природных вод в условиях Беларуси**

Водоемы Беларуси также коснулась проблема загрязнения. Загрязнители природных вод в условиях Беларуси:

- нитраты;
- инфекции (дизентерийные бактерии, туберкулезные палочки, холерные вибрионы и прочие);
- высокотоксичные металлы (кадмий, цинк, свинец, ртуть, сурьма, мышьяк, бериллий, и др.);
- санитарно-техническое состояние самих водозаборов и их близость к свалкам.

Главная водная артерия Минска Свислочь очень далека от положенных норм. Также плачевно обстоят дела и на других водных объектах Беларуси. Реки Неман, Березина, Днепр, Западная Двина, Припять, Ясельда, Уза. Таким образом, вода должна проходить се-

резную очистку, как на городских станциях водоподготовки, так и непосредственно в самих квартирах перед употреблением мы предлагаем вам ознакомиться с современными методами очистки воды.

## **Современные методы очистки воды**

### *1. Угольные фильтры*

Достоинства: отлично удаляют пестициды и хлор; недорого.

Недостатки: не удаляют бактерии; недолговечны.

### *2. Керамические фильтры*

Достоинства: хорошо очищают от паразитов и физических примесей; легко чистятся.

Недостатки: неэффективны против органических загрязнителей и пестицидов.

### *3. Озонирование*

Достоинства: удаляет бактерии, вирусы, грибки, водоросли и паразиты.

Недостатки: не удаляет тяжелые металлы, минералы и пестициды; озон быстро распадается на кислород и теряет свою эффективность; очень дорогой метод; озон является очень ядовитым веществом, поэтому работа системы должна тщательно контролироваться датчиками.

### *4. Ультрафиолетовое излучение*

Достоинства: убивает бактерии и вирусы.

Недостатки: неэффективно против всех организмов; неспособно удалять тяжелые металлы, пестициды, другие физические загрязнители.

### *5. Ионообменные фильтры для воды*

Достоинства: продлевают работу водонагревателей, стиральных машин.

Недостатки: не очищают воду и не делают ее безопасной для человека.

#### *6. Медно-цинковые системы очистки воды*

Достоинства: эффективно удаляют хлор и тяжелые металлы.

Недостатки: неэффективны против пестицидов и органических загрязнителей.

#### *7. Системы обратного осмоса*

Достоинства: хорошо очищают воду от металлов, бактерий, вирусов, микроорганизмов, а также органических и неорганических химических веществ.

Недостатки: большое количество воды в виде отходов; в системе могут размножаться бактерии; хуже работают с жесткой водой.

#### *8. Дистилляция*

Достоинства: удаляет широкий спектр загрязняющих веществ, полезна в качестве первого этапа очистки; можно использовать многократно.

Недостатки: загрязняющие вещества переносятся в некоторой степени в конденсат; требуется тщательный уход для обеспечения чистоты дистиллятора; медленный процесс.

Мы хотели бы вам представить новый метод очистки воды, который возможно использовать в условиях нашей страны.

#### **«Питьевая книга»**

Страницы "питьевой книги" содержат наночастицы серебра или меди. Бактерии, проходя через поры бумажного фильтра, поглощают ионы серебра или меди, в зависимости от того, какой из этих металлов использован, и в конечном итоге умирают.

На этих же страницах напечатана информация о том, почему и как нужно очищать воду. Инструкция на двух языках - английском и местном. Как показали результаты испытаний, проведенных в 25 населенных пунктах в Южной Африке, Гане и Бангладеш, страницы отфильтровали более 99% бактерий.

Разработала технологию доктор Тери Данкович из университета Карнеги-Меллона в штате Питтсбург. Согласно результатам испытаний одна страница может очистить до 100 литров воды. Таким образом, книги может хватить одному человеку на четыре года.

Книга по-прежнему находится в стадии разработки, но в течение

следующих нескольких лет, Данкович работая со студентами из Карнеги-Меллона, надеется иметь продукт на рынке. Ее цель состоит в том, чтобы обеспечить каждый фильтр менее 10 центов за штуку.

### **Заключение**

Мы уже пришли к моменту, когда надо спасать природу от нас самих. Наука не стоит на месте и ученые уже добились успеха в решении этой проблемы. В качестве примера мы рассмотрели такую инновацию как «питьевая книга». Она может найти применение не только в странах третьего мира, но и в Беларуси, в качестве фильтра воды во время длительных поездок, где нет возможности приобрести очищенную воду, например, походов или путешествий. Сохранить гармонию человека и природы – основная задача, которая стоит перед настоящим поколением.

### **Литература**

1. Фильтры для очистки воды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://water-filter.by>. – Дата доступа: 11.04.2017.
2. Сайт экологической грамотности Nature Time [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nature-time.ru>. – Дата доступа: 11.04.2017.
3. BBC Русская служба [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bbc.com/russian>. – Дата доступа: 11.04.2017.

## ЭКОЛОГИЧЕСКИ ГРАМОТНЫЙ ПОТРЕБИТЕЛЬ ТОВАРОВ

**Ерофеева А. А., Марина Д. А.**

Научный руководитель – Анисимов Ю. В.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** В исследовательской работе представлены методические рекомендации по расшифровке обозначений на упаковке товара; представлены результаты исследования по определению качества потребляемых товаров и выявлению их возможной опасности для здоровья человека.

### **Введение**

В зарубежных странах на протяжении последних десятилетий наблюдается рост производства и потребления экологически чистых продуктов питания, под которыми следует понимать продукты, выращенные на чистой территории без дополнительного применения минеральных удобрений, пестицидов и других техногенных воздействий, или это продукты, полученные из натурального сырья по современной технологии, обеспечивающей минимальное попадание в продукт других веществ, не свойственных их естественному составу.

Заинтересованность государства в производстве и потреблении экологически чистых продуктов питания заключается в достижении высоких показателей, характеризующих здоровье нации (рост средней продолжительности жизни, снижение уровня заболеваемости населения, младенческой и детской смертности и т. д.). К сожалению, современная цивилизация породила такие, очень распространённые сейчас болезни, как ожирение, кариес, диабет, нарушение жирового обмена веществ, гипертония и другие недуги. С помощью здорового питания можно предупредить возможные заболевания. Однако изменить свой образ жизни и привычное питание не так-то просто. Поэтому идти по новому пути нужно маленькими шагами. Потребители должны быть информированы о том, что они едят. У них должна быть возможность выбора.

### **Цели и задачи исследования**

Цель: получить навыки определения качества потребляемых товаров и выявления их возможной экологической опасности.

Задачи:

- определить (по упаковке) экологическую безопасность потребляемых товаров;
- научиться, с помощью штрихового кода, определять наиболее существенные параметры продукции;
- изучить индексы пищевых добавок и выявить их влияние на организм человека.

### **Результаты исследования**

Введение пищевых добавок с точки зрения технологии может быть направленно:

- на улучшение внешнего вида и органолептических свойств пищевого продукта;
- для сохранения качества продукта в процессе его хранения;
- на ускорение сроков изготовления пищевых продуктов.

При выборе товара надо всегда обращать внимание на полноту информации. Если состав указан в обобщенном виде, например, «консерванты», «эмульгаторы», «красители» и т.п., то это может означать, что применены те вещества, которые могут нанести вред здоровью. Необходимо обращать внимание на сроки хранения и реализации продукции.

Недобросовестные продавцы эксплуатируют бренды известных фирм, производящих качественную продукцию. Поэтому нам надо быть грамотными потребителями.

*Методические рекомендации по расшифровке обозначений на упаковке товара:*

1. Изучаем штрих-код и определяем, где изготовлен товар.
  - первые две - четыре цифры перед белой разделительной чертой обозначают код страны;
  - следующие несколько цифр до длинной двойной разделительной черты кодируют изготовителя товара;
  - первая цифра после второй длинной разделительной черты (восьмая цифра) - наименование товара;
  - следующая (девятая) - потребительские свойства товара;

- десятая цифра обозначает размер, массу;
- одиннадцатая указывает ингредиенты;
- двенадцатая - цвет;
- тринадцатая - контрольная цифра;
- последняя длинная черта - знак товара, изготовленного по лицензии.

2. Определяем подлинность штрих-кода. Для этого проводим следующие операции:

- сложить все цифры, стоящие на четных местах;
- полученную сумму умножьте на 3. Результат (назовем его X) надо запомнить;
- сложить все цифры, стоящие на нечетных местах (без контрольной цифры);
- прибавить к этой сумме число X;
- от полученной суммы (назовем ее YZ) оставить только Z;
- отнять от 10 полученную цифру Z;
- если результат соответствует контрольной цифре в штрих-коде, значит перед нами не подделка.

3. Изучаем состав продукта. Выявляем наличие консервантов, красителей и т.д.

4. Определяем влияние пищевых добавок на организм человека.

Одновременно с практическим исследованием был проведен социологический опрос среди студентов:

1. Каковы критерии выбора покупаемых товаров?
2. Влияют ли продукты питания на здоровье человека?
3. Какие товары предпочитаете – отечественные или импортные?
4. Место приобретения товаров?
5. Учитываете ли возможность дальнейшей переработки упаковки товаров?

### **Результаты исследования упаковки товаров**

64% продуктов, приобретенных в ближайшем магазине (печенье, конфеты, глазированные сырки, йогурты, чипсы, творожки, сметана, пресервы, полуфабрикаты с мясом, пельмени, колбаса молочная, паштет) содержали красители, стабилизаторы и усилители вкуса; 27% продуктов содержали антиокислители и консерванты. Незна-

чительная часть продуктов на упаковке имела надпись «не содержит ГМО».

### **Заключение**

Экологическая грамотность включает активное владение экологическими знаниями. Это понимание сущности жизни, системных закономерностей её устройства на Земле, умение принимать решения и действовать, добиваясь положительного эффекта в соответствии с этими знаниями. Экологически грамотный человек должен знать меры охраны природной среды, сведения о международных и белорусских законодательных актах и экономических санкциях в области охраны природы, здоровья и естественных прав человека и других живых систем.

По данным Всемирной организации здравоохранения, около 70% загрязняющих веществ из окружающей среды поступает в организм человека с пищей.

Известный русский писатель Д. И. Писарев удивительно точно подметил: «Измените пищу человека, и весь человек, мало-помалу изменится». Здоровье человека во многом определяется количеством и качеством пищи, режимом питания. Здоровое питание – важнейшее условие долголетия. Помните, не все, что продается, следует употреблять в пищу! Необходимо учитывать, что полиэтиленовая и пластиковая упаковки являются серьезными загрязнителями окружающей среды и необходимо решать вопросы, связанные с правильной утилизацией и переработкой вторичного сырья (упаковки).

### **Литература**

1. Алексеев, С. В. Экологический практикум школьника: учебное пособие для учащихся/ Алексеев С. В., Груздева Н. В., Гущина Э. В.- Самара: Учебная литература, 2006. - 304с.
2. Мансурова, С. Е. Школьный практикум. Следим за окружающей средой нашего города: учебное пособие/ Мансурова С.Е., Кокуева Г.Н. - Москва, 2001г. - 110с.
3. Михеев, А. В. Охрана природ: пособие/ Михеев А. В., Пашканг К. В., Родзевич Н. Н., Соловьева М. П. - Москва,1990. - 127с.
4. Криксунов, Е. А. Экология: 9 класс: учебник/ Криксунов Е. А., Пасечник В. В., Сидоркин А. П. - Москва,2005. - 240с.

## СОХРАНЕНИЕ ОЗОнового СЛОЯ ЗЕМЛИ

**Каптур Д. А.**

Научный руководитель – Уласик Т. М.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** Статья о сохранении озонового слоя, которая включает в себя состояние слоя прошлых лет и наших дней. Также статья о факторах разрушения и методах защиты озонового слоя.

### **Введение**

Что такое озоновый слой Земли?

Озоновый слой земли представляет собой часть стратосферы, расположенной на высоте 12-50 км, образующегося в результате воздействия ультрафиолетового излучения. Защищает всё живое на нашей планете. Если весь озон сжать и распределить вокруг Земли, то толщина его составит всего 3 мм.

Стратосферный озон является своего рода естественным фильтром, препятствующим проникновению в нижние слои атмосферы жесткого космического излучения - ультрафиолета-В.

Озон поглощает некоторую часть инфракрасного излучения Земли. Благодаря этому он задерживает около 20% излучения Земли, повышая тепляющее действие атмосферы.

Озон - активный газ и может неблагоприятно действовать на человека. Обычно его концентрация в нижней атмосфере незначительна, и он не оказывает вредного влияния на человека. Большие количества озона образуются в крупных городах с интенсивным движением автотранспорта в результате фотохимических превращений выхлопных газов автомашин. Вот основные факторы разрушения озонового слоя:

### **Факторы разрушения**

- 1) под воздействием ультрафиолетовой радиации (космические лучи);
- 2) под воздействием газов: соединений азота, хлора и брома,

фторхлоруглеродов (фреонов);

3) реактивная авиация и некоторых пусков космических кораблей;

4) извержение вулканов;

5) антропогенное загрязнение.

Озон также регулирует жесткость космического излучения. Если этот газ хотя бы частично уничтожается, то, естественно, жесткость излучения резко возрастает, а, следовательно, происходят реальные изменения растительного и животного мира.

Уже доказано, что отсутствие или малая концентрация озона может приводить к раковым заболеваниям, что самым наихудшим образом отражается на человечестве и его способности к воспроизводству.

В полярных зонах, где силовые линии магнитного поля Земли замыкаются на ее поверхности, искажения ионосферы весьма значительны. Главная причина малого содержания озона в области полюсов – малая интенсивность солнечного облучения, падающего даже во время полярного дня под малыми углами к горизонту, а во время полярной ночи отсутствуют вовсе. Площадь полярных «дыр» в озоновом слое – надежный показатель изменений общего содержания озона в атмосфере.

Содержание озона в атмосфере колеблется вследствие многих естественных причин. Благодаря высоким, сверхураганным скоростям воздушных потоков в стратосфере разрушающие озон вещества разносятся на большие площади. Переносятся не только разрушители озона, но и он сам, поэтому нарушения концентрации озона быстро разносятся на большие площади. Только в полярных областях воздух малоподвижен, вследствие чего исчезновение там озона не компенсируется его заносом из других широт, и полярные «озонные дыры», особенно на Южном полюсе, весьма устойчивы.

Наиболее яркое проявление антропогенного воздействия на озоновый слой Земли – это антарктическая озоновая дыра, в которой истощение озона составляет более 50%. После осознания последствий разрушения озонового слоя антропогенными источниками были сделаны важные шаги – приняты Венская конвенция (1985) и Монреальский протокол (1987), запрещающие производство озоноразрушающих веществ. По мере сокращения их производства в по-

следнее время отмечается некоторая стабилизация в содержании озона в стратосфере и даже тенденция к его восстановлению.

Из-за более активной деятельности человека в стратосфере начали чаще возникать озоновые дыры. Поэтому есть определённые правила для людей, чтобы каждый мог помочь планете правильно функционировать:

1. Наиболее опасными для озонового слоя являются фреоны. Покупая кондиционер или холодильник, обратите внимание, на чем работает компрессор. Фреон R-22 с 2010 года запрещен во многих странах, поэтому приобретайте современную технику.

2. Огромный вред наносят озоновому слою земли всевозможные спреи и аэрозоли. Старайтесь сократить до минимума использование химических средств в баллончиках, таких как дезодоранты, лаки для волос, освежители воздуха и т.д.

3. Также одним из основных загрязнителей являются выхлопные газы автомобилей. Старайтесь поменьше ездить на личном автотранспорте, предпочитая ему общественный или, что еще лучше, велосипед. Или переходите на электрокары.

Согласно другой гипотезе, процесс образования «озоновых дыр» может быть в значительной мере естественным и не связан исключительно с вредным воздействием человеческой цивилизации. Все это нужно научно доказать.

### **Заключение**

Озон разрушается, как мы выяснили, по разным причинам. Одной из этих главных причин является человек. Всем людям на Земле нужно объединиться и осознанно жить на нашей планете, сохраняя природный баланс, так мы поможем нашей планете и человечеству в целом.

### **Литература**

1. Википедия - свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Озоновый\\_слой](https://ru.wikipedia.org/wiki/Озоновый_слой). – Дата доступа: 10.04.2016.
2. Официальный Интернет-сайт Проекта ЮНИДО/ГЭФ-Минприроды России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ozonoprogram.ru>. – Дата доступа: 10.04.2016.

3. Презентации онлайн [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://en.ppt-online.org/9714>. – Дата доступа: 10.04.2016.
4. Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы БГУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ozone.bsu.by>. – Дата доступа: 10.04.2016.

## НАЦИОНАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СЕТЬ

**Кузьмина А. В.**

Научный руководитель – Крошнер И. П.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены национальная экологическая сеть, проблемы несоответствия схем экологических сетей за различные периоды времени, а также оценка функционирования схемы НЭС- 2017.

### **Введение**

Экологическая сеть – охраняемые территории и связывающие их экологические коридоры. Другими словами, это система функционально и территориально взаимосвязанных природных территорий, обеспечивающая устойчивое состояние биосферы и функционирование естественных систем жизнеобеспечения.

Коридоры экологической сети создают возможности для распространения и миграции видов растений и животных. Охранные зоны ограждают важнейшие экологические системы от потенциальных рисков.

Функции национальной экологической сети:

- восстановление и сохранение ландшафтов и экосистем;
- сохранение биологического и генетического разнообразия;
- уменьшение эрозионных процессов почвы.

### **Национальная экологическая сеть 2017(НЭС-2017)**

В соответствии с разработанным проектом схема включает 88 объектов общей площадью 3,46 миллиона гектаров (16,6% территории страны): 49 ядер, в том числе 14 ядер международного значения, 18 – национального и 17 – регионального, 32 экологических коридора, в том числе 6 коридоров европейского значения, 19 – национального и 7 – регионального, 7 охранных зон.

Элементами экосистемы могут стать природные территории,

подлежащие особой или специальной охране. Границы охранных зон особо охраняемых природных территорий определяются исходя из условия недопущения отрицательного воздействия хозяйственной и иной деятельности физических и юридических лиц на природные комплексы и объекты, расположенные на особо охраняемых природных территориях. Специальной охране подлежат зоны отдыха и курорты, водоохранные зоны, прибрежные полосы рек и водоемов, водоохранные, защитные, санитарно-гигиенические и оздоровительные леса. Под таким типом охраны находятся типичные редкие природные ландшафты и биотопы, верховые болота, места обитания диких животных и произрастания дикорастущих растений, внесённых в Красную книгу, а также природные территории, имеющие значение для размножения, нагула, зимовки или миграции диких животных.

### **Отличие НЭС-2017 от всех разрабатываемых ранее проектов НЭС или утвержденных схем**

Как видно из названия подпункта, помимо НЭС-2017 существуют и другие проекты, занимающиеся решением подобных проблем. Также ведутся работы по созданию «изумрудной сети» (совокупность природоохранных территорий, образующих единую экологическую сеть). В настоящее время список потенциальных объектов «изумрудной сети» в Беларуси насчитывает 64 территории с общей площадью около 1 900 тыс. га, что составляет более 9%. Планируется увеличить количество объектов приблизительно до 100 с общей площадью – 2 400 – 2 500 тыс. га.

Проблема состоит в том, что «Изумрудная сеть» не совпадает с предложенным Проектом НЭС. Как ни странно, его версия 2017 года значительно отличается от всех разрабатываемых ранее проектов НЭС или утвержденных схем. Например, НЭС-2017 далека от Проекта схемы экологической сети Республики Беларусь, разработанного Институтом зоологии НАН РБ в 2005 г.

Также НЭС-2017 не соответствует проекту предварительной принципиальной схемы экологической сети Республики Беларусь от 2012 г. Как видно, за пять лет НЭС сильно уменьшилась по сравнению с версиями 2005–2007 гг. Разработанная в 2005 году Институтом зоологии НАН РБ принципиальная схема экологической сети Республики Беларусь как тогда, так и на сегодняшний день является

одним из наиболее полноценных вариантов НЭС РБ.

Однако, у этой версии есть и слабые стороны - это слишком крупные ядра, объединяющие сразу несколько особо охраняемых природных территории с обширными пространствами между ними, которые представлены аграрными угодьями или хозяйственными лесами.

Анализируя представленные схемы, видно, что НЭП-2017, «похудела» за последние 10 лет. И это несмотря на то, что уровень знаний об экологической обстановке Республики Беларусь повысился, увеличились площади особо охраняемых природных территорий, а также большее количество природных территорий получили международные охранные статусы.

### **Заключение**

Одна из ключевых целей национальной экологической сети – обеспечение возможности для распространения и миграции видов растений и животных. Эту возможность должны обеспечивать коридоры экологической сети. Выполняет ли данную функцию предложенная схема национальной экологической сети?

Например, Фрагмент экосети в бассейне Немана практически полностью изолирован от всей остальной сети. На севере и востоке ближайšie к ядру N9 (Налибокская пуца) коридор или ядра находятся на расстоянии от 50 до 100 км друг от друга (например, СЕ 2 Вилейский коридор или R11 Омговичское ядро).

Очевидно, что экологические коридоры даже больше, чем ядра, нуждаются в дополнении. Иначе мы будем иметь разные сети, не связанные между собой.

Однако так как схема Национальной экологической сети сформирована и согласована, зам.министра природных ресурсов и охраны окружающей среды Беларуси Игорь Качановский предложил работать с тем, что есть и добавил: «А дальше будем рассматривать предложения. Появится уникальный объект — придадим ему статус. Соберём перечень таких объектов — добавим в сеть. При этом, должны согласовано работать схемы особо охраняемых природных территорий и Национальной сети».

### **Литература**

1. Состояние природной среды Беларуси. Экологический бюлле-

тень. В. Ф. Логинова, 2010.

2. <http://greenbelarus.info>

3. <https://wildlife.by>

4. <http://www.minpriroda.gov.by/ru/>

## КОМПАКТНЫЕ СТАНЦИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

**Матвиевский А. С., Ярош В. А.**

Научный руководитель – Крошнер И. П.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** Сточные воды также требуют очистки с целью устранения вредного их воздействия на внешнюю среду (водоемы, почву, подземные воды, воздух) и через нее на людей, животных, рыб, растения. Очистка сточных вод является одним из важнейших мероприятий по охране природы, рек и водоемов от загрязнения.

### **Введение**

Очистные сооружения – это комплекс инженерных сооружений в системе канализации населённого места или промышленного предприятия, предназначенный для очистки сточных вод от содержащихся в них загрязнений. Целью очистки является подготовка сточных вод к использованию на производстве или к спуску в водоёмы. Улучшения качества питьевой воды и ее очистки в составе современных водопроводов возводятся специальные комплексы очистных сооружений, объединяемые в водоочистные станции.

### **Станция очистки сточных вод с мелкопузырчатой аэрацией АЧБ 10-180**

Станции очистки сточных вод с мелкопузырчатой аэрацией АЧБ (в дальнейшем АЧБ) предназначены для очистки хозяйственно-фекальных сточных вод от жилых домов или бытовых помещений промпредприятий, домов отдыха, объектов культурно-бытового назначения. Они могут применяться также для очистки промышленных сточных вод, близких по своему характеру к хозяйственно-фекальным водам, и производственных биологически разлагаемых сточных вод (после консультации с изготовителем оборудования).

АЧБ применяются для снижения органического загрязнения (характеризующегося показателем БПК), а также содержания азота и фосфора.

Станции очистки АЧБ могут быть дополнены оборудованием предочистки (решетки, песколовки и т.д.), доочистки (микросетчатый барабанный фильтр) и ультрафиолетового обеззараживания.

### **Преимущества**

- высокая эффективность очистки;
- компактность станции очистки;
- устранение из сточных вод органических веществ, азота и фосфора;
- станция очистки сохраняет свою работоспособность как при 25%, так и при 120% нагрузке по сравнению с исходными данными;
- минимальные энергозатраты благодаря использованию мелкопузырчатой пневматической аэрации с дисковыми мембранными элементами, которые позволяют осуществлять прерывистый (периодический) режим аэрации;
- надежность вертикального отстойника с минимальным требованием к обслуживанию;
- долгий срок службы оборудования;
- эксплуатация с минимальным образованием аэрозолей и низким уровнем шума.

### **Принцип работы**

Сточная вода самотеком поступает в зону первичного отстаивания, которая служит также аккумулярующей ёмкостью и емкостью для частичной анаэробной стабилизации ила. Из отстойной зоны отстоявшаяся сточная вода перекачивается эрлифтом в зону активации. Аэрация активационной зоны предусмотрена аэрационными элементами АМЕ.

На выходе из активационной части размещена успокоительная камера – зона дегазации, из которой активационная смесь самотеком поступает во вторичный отстойник. Вторичный отстойник оборудован сточным желобом, по которому очищенная вода вытекает из станции очистки. Отфлотированный ил с помощью эрлифта возвращается обратно в зону активации. Осевший активный ил со дна вторичного отстойника возвращается эрлифтом в активацию или другим эрлифтом в качестве избыточного ила в зону первичного отстаивания.

## **Станция очистки сточных вод БИОФЛУИД Е 10-80**

Станция очистки сточных вод БИОФЛУИД Е служит для очистки хозяйственно-фекальных сточных вод из жилых домов или бытовых помещений предприятий, объектов культурно-бытового назначения.

СОСВ БИОФЛУИД Е служит для очистки сточных вод небольших объектов там, где отсутствует возможность подключения к сетям канализации с очистными сооружениями или там, где необходимо построить станцию очистки для временной эксплуатации.

### **Преимущества**

- минимальные энергозатраты;
- возможная кратковременная двукратная гидравлическая перегрузка (поступление удвоенного среднесуточного расхода без ухудшения выходных параметров);
- возможная кратковременная двукратная перегрузка по БПК (поступление двухсуточного количества загрязняющих веществ по БПК<sub>5</sub> без ухудшения выходных параметров);
- возможен шестидесятисуточный перерыв в поступлении стоков без ухудшения выходных параметров (станция находится в эксплуатации, то есть, биодиски вращаются);
- бесшумная эксплуатация и отсутствие неприятного запаха.

### **Принцип работы**

СОСВ БИОФЛУИД – компактное сооружение, состоящее из полипропиленового резервуара с встроенным технологическим оборудованием. Технологические перегородки разделяют внутреннее пространство станции на секции отстаивания, биологического реактора и вторичного отстаивания.

Загрязненная вода поступает в пространство первичного отстойника, где происходит частичное отделение крупных загрязнений, аккумуляция сточной воды и уплотнение первичного и избыточного активного ила. Из первичного отстойника сточная вода ковшовым дозатором подается в активационную часть станции с ротационным биодисковым реактором. В реакторе происходит очистка сточной воды с помощью микроорганизмов.

Из биологического реактора смесь воды и активного ила посту-

пает в нижнюю часть вторичного отстойника, откуда поднимается через слой активного ила к гребню водослива водоприемного лотка. Активный ил оседает в нижней части вторичного отстойника, откуда затем уносится течением обратно в активационную часть станции очистки. С помощью поплавкового клапана избыточный активный ил и часть сточной воды возвращаются в пространство первичного отстойника.

### **Заключение**

Существует достаточное количество способов очистки сточных вод. Каждый из способов имеет свои преимущества и недостатки. Выбор, способа основывается на ряде причин: для каких именно вод вам необходима станция, каких размеров, где будет установлена и т.д. мы рассмотрели две станции, одна из которых предназначена для очистки хозяйственно-фекальных сточных вод от жилых домов или бытовых помещений промпредприятий, а другая служит для очистки хозяйственно-фекальных сточных вод из жилых домов.

### **Литература**

1. Водохозяйственный словарь / СЭВ. — М., 1974
2. Воронов, Ю. В. Водоотведение и очистка сточных вод : учебник. — изд. 4-е, доп. и перераб.. — М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006. — 702 с.
3. Очистка сточных вод от взвешенных веществ и неорганических примесей. — М.: НИЦ «Глобус», 2007. — Т. 1. — 81 с.
4. Савичев, О. Г. Биологическая очистка сточных вод с использованием болотных биогеоценозов // Известия Томского политехнического университета [Известия ТПУ]. — 2008. — Т. 312, № 1 : Науки о Земле. — С. 69-74.
5. Сайт компании FORTEX-водные технологии.  
<http://www.fortex.by/category/show-product/8>

## ИННОВАЦИОННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ БЛОК

**Панчук А. А., Солоненко А. А.**

Научный руководитель – Крошнер И. П., Анисимов Ю. В.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** Инновационный экологически чистый материал в строительстве, обладающий массой преимуществ в обработке и изготовлении.

### **Введение**

В современных условиях, выбирая строительные и отделочные материалы, нужно думать не только об их внешнем виде, прочности и стоимости, но и о безопасности. Токсичные элементы, которые незаметно выделяют некачественные покрытия, краски, мебель, способны отравлять атмосферу в помещениях, нанося существенный вред здоровью.

В строительстве экологически чистого здания используются традиционно такие материалы как: силикатный или глиняный кирпич, натуральное дерево, натуральный камень и др. Но существуют также новые экологически чистые материалы, например влагонепроницаемый кирпич, на 90% состоящий из глины, обработанный водонепроницаемым составом из нетоксичных химических веществ.

Новый продукт обладает массой преимуществ по сравнению с обычным кирпичом, начиная от высокой термической массы и заканчивая термостойким покрытием, благодаря которым он имеет коэффициент сопротивления теплопередаче. Это позволит сократить энергопотребление здания.

Строительный блок в два с половиной раза прочнее, чем бетонные блоки, и имеет высокий предел огнестойкости. Кроме того, материал обладает высокой устойчивостью к образованию плесени и поражению грибками, а также способен выдерживать сильные ветра (до 386 км/ч) и наводнения лучше, чем обычные строительные материалы.

Блоки соединяются между собой по типу «шип – паз» и для придания дополнительной прочности строительной конструкции швы обрабатываются специальным нетоксичным клеем, вместо обычного цементного раствора. В отличие от традиционных кирпичей, они не обжигаются в печи, поэтому на их производство затрачивается на 90 процентов меньше энергии. Неиспользование цемента при изготовлении блоков и возведении из них стен также способствует сокращению вредных выбросов в окружающую среду.

Одним из основных преимуществ материала является возможность изготовления непосредственно на месте строительства (конечно, при условии, что там есть глина). Это позволяет сэкономить средства на транспортировку блоков и способствует обеспечению занятости местных рабочих на строительстве.

### **Заключение**

Производственная деятельность людей должна развиваться и постепенно менять основу. Для того, чтобы человечество оказалось способным обеспечить свое дальнейшее существование на Земле, оно должно опираться не только на новую технологическую основу производственной деятельности людей, но и на глубокое понимание места человека в окружающем мире.

Экологичные материалы – залог здоровья и долголетия.

### **Литература**

<http://www.vzavtra.net/materialy/novyj-ekologicheski-chistyj-vlagonepronicaemyj-kirpich-na-90-sostoyashhij-iz-gliny.html>

## **ВЛИЯНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

**Синьков О. А., Почапский А. А.**

Научный руководитель – Уласик Т. М.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** Причины возникновения лесных пожаров. Влияние лесных пожаров на экологию в целом. Советы и меры предосторожности.

### **Введение**

Итак, может ли пожар в лесу возникнуть сам по себе, без вмешательства человека? Да – по причине извержения вулкана или падения метеорита, но это редкий случай. Сухие грозы, когда молния бьет в лес или степь, тоже нечастое явление в Республике Беларусь. В обычных природных условиях причин для пожара практически не существует. Обычная гроза тоже не подойдет, потому что при ней идет дождь. Пожар очень быстро бежит вверх, вниз – медленно, и так как гроза бьет вверх, то пожар развивается обычно безопасно, спускаясь с верхушки вниз, где его заливает дождем.

Антропогенные факторы таковы: брошенные окурки, костры, поджоги травы (травяные палы) кстати, именно травяные палы являются основными причинами пожаров. Часто неопытные дачники или фермеры поджигают сухой участок, чтобы избавиться от вредных растений, паразитов, но не предпринимают никаких мер предосторожности и не задумываются что вместе с сорняками выгорает все живое. Также пожар могут спровоцировать искры от разогретого глушителя старого автомобиля, падающие в сухую траву, и даже стеклянная бутылка, под определенным углом ловящая, как линза, луч солнца и способствующая возгоранию, но самые масштабные пожары возникают из-за умышленных поджогов леса для дальнейшей вырубки.

За 2016 год в Беларуси произошло 319 пожаров, сгорело 25 1га земли что эквивалентно 335ю площадям футбольных полей, общий ущерб составил 42000 р.

Легче всего возгоранию подвергаются хвойные **леса**. Лиственные леса в этом плане гораздо более устойчивы. После пожара уничтожается не только растительность, но и почвенные насекомые, мицелии грибов, микроорганизмы. При верховом пожаре почвенный слой не поражается слишком глубоко, поэтому некоторые растения, которые залегают на достаточной глубине, могут впоследствии отрастить надземные побеги.

Среда обитания после верхового пожара полностью меняется. Солнечные лучи нагревают и иссушают почву. Температурные перепады ночью и днем значительные. Почва в результате уничтожения деревьев становится более влажной. В таежных районах нередки случаи, когда почва после пожара заболачивается. Выгорание органической массы приводит, с одной стороны, к обеднению почвы, а с другой – к усиленной работе микроорганизмов, перерабатывающие мертвые остатки органики. По прошествии времени растительность **леса** возвращается на прежнее место, однако этот процесс может занимать десятилетия. Экологические последствия от лесных пожаров заключаются в загрязнении атмосферного воздуха углекислым газом и продуктами пиролиза лесных горючих материалов, выгоранию кислорода. С лесными пожарами в воздух попадают частицы сажи, состоящие из углерода и продуктов неполного сгорания древесины. Различные органические вещества, в их числе много фенольных соединений, которые обладают мутагенными и канцерогенными свойствами. Задымление воздуха приводит к ухудшению микроклимата земли; увеличению числа туманных дней, уменьшению прозрачности атмосферы и обусловленному им снижению видимости, освещенности, ультрафиолетовой радиации. И даже очень малые концентрации некоторых веществ являются весьма опасными.

### **Заключение**

В заключение хотелось бы сказать, что более 90% пожаров происходит именно по вине человека, поэтому убедительная просьба окапывать костер и полностью тушить его перед уходом, не бросать непотушенные окурки, быть особенно аккуратным в засушливую

погоду. Кстати, штраф за разведение костра в неположенных местах до 40 базовых величин. Для тушения травяных пожаров используйте ряд следующих приемов: сбивание с помощью связок прутьев (в виде метлы) или молодых лиственных деревьев огня с кромки пожара – самый простой и эффективный способ тушения пожаров средней интенсивности; забрасывание кромки пожара грунтом или песком. Если ликвидировать очаг пожара самостоятельно не удалось или пламя распространилось на значительную площадь, немедленно сообщите о случившемся в пожарную аварийно-спасательную службу по телефону «101».

### **Литература**

1. Щербов, Б. Л. Лесные пожары и их последствия/ Б. Л. Щербов – Новосибирск: Академ. Изд. гео, 2015г. - 211с.
2. Ходаков, В. Е. Лесные Пожары:: методы исследования/ В. Е. Ходаков, М. В. Жарикова –Херсон, Д. С. Грин, 2011.- 470с.
3. Воробьев, Ю. Л. Лесные пожары на территории России / Ю. Л. Воробье–Москва : Дэкс-пресс, 2005. - 342с.

## **СОХРАНЕНИЕ ВОДНО-БОЛОТНЫХ УГОДИЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СЕТИ**

**Слепица М. С.**

Научный руководитель – Крошнер И. П.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** В Беларуси сформирована национальная экологическая сеть, которая будет способствовать сохранению водно-болотных угодий.

Для того чтобы сохранить естественные экологические системы, биологическое и ландшафтное разнообразие в соответствии с Национальной стратегией устойчивого социально-экологического развития Республики Беларусь, необходимо найти такое решение, которое будет соответствовать всем нормам и требованиям утвержденным законодательством об охране окружающей среды. Наиболее оптимальный вариант решения данного вопроса будет заключаться в создании экологической сети, которая будет представлять собой систему природно-территориальных комплексов со специальными режимами охраны и использования.

В 2016 году был разработан и подготовлен проект Указа «О схеме национальной экологической сети», который включает в себя схемы национальной экологической сети. Определены мероприятия по её развитию и функционированию её элементов. Схемы были разработаны согласно критериям, по которым отбирались территории, которые необходимо поместить под особую защиту и включить в национальную экологическую сеть.

Под таким типом охраны находятся типичные редкие природные ландшафты и биотопы, верховые болота, места обитания диких животных и произрастания дикорастущих растений, внесённых в Красную книгу.

Главную роль в сохранении биологического и ландшафтного разнообразия принадлежит особо охраняемым природным террито-

риям. Эти территории определены Законом Республики Беларусь «Об особо охраняемых природных территориях» как части территории с уникальными, эталонными или иными ценными природными комплексами и объектами, имеющими особое экологическое, научное и (или) эстетическое значение, в отношении которых установлен особый режим охраны и использования.

Из всего разнообразия ландшафтного разнообразия водно-болотные угодья занимают особое положение.

В Беларуси в начале 1960-х годов прошлого века болота занимали 2939 тыс.га, или 14,2% всей территории страны. В результате крупномасштабных мелиоративных работ в 1950-1990-е годы более 51% площади болот было осушено. Около 65% площади осушенных болот использовалось в сельском хозяйстве, 15,6% - в лесном хозяйстве и на 18,4 % велась добыча торфа. До настоящего времени около 1434 тыс.га болот, или 6,4% территории республики (в мире в среднем 3,4%), по-прежнему сохраняются в естественном состоянии, однако на многих из них частично нарушен гидрологический режим, некоторые находятся под угрозой разрушения.

Роль водно-болотных угодий в природных процессах и жизни человечества очень велика. В природе они выполняют ряд функций, например:

- 1) накопление и сохранение пресной воды; изымание из атмосферы и накопление углерода;
- 2) регулирование поверхностного и подземного стока; поддержание уровня грунтовых вод; очищение воды, задержка загрязняющих веществ;
- 3) стабилизация климатических условий, особенно осадков и температур; возвращение в атмосферу кислорода; сдерживание эрозии почв, стабилизация положения берегов;
- 4) поддержание биологического разнообразия.

В 25.08.1999 году Беларусь стала одной из стран, которая присоединилась к Конвенции о водно-болотных угодьях, имеющих международное значение главным образом в качестве местобитаний водоплавающих птиц и подтвердила своё намерение и заинтересованность по сохранению и рациональному использованию водно-болотных угодий. Согласно данной конвенции под водно-болотными угодьями понимаются «территории с избыточным

увлажнением, торфяные болота, открытые водные источники естественного или искусственного происхождения со статичной или текущей водой, временные или постоянные, пресные или соленые, включая прибрежные территории морей с глубиной до 6 м, искусственные водоемы, а также пруды и водохранилища различного назначения, каналы».

Первой природной территорией, которая получила международный статус охраны Рамсарского угодья в 1999 году стал государственный биологический заказник «Споровский», образованный в 1991 году с площадью 11288 га, являющийся уникальным по площади и естественной сохранности для Центральной части Европы одним из крупнейших низинных болот Полесья.

На территории Республики Беларусь на 2017 год в перечень охраняемых согласно Рамсарской конвенции входят 26 водно-болотных угодий площадью 778 303 тыс.га: 1999 год – «Споровский», 2001 – «Средняя Припять», «Ольманские болота», 2002 – «Освейский», «Ельня», «Котра», «Званец», 2005 – «Простырь», 2010 – Березинский биосферный заповедник, 2012 – «Выгонощанское», 2013 – «Морочно», «Старый Жаден», «Острова Дулебы – Заозерье», 2014 – «Козьянский», «Выдрица» и национальный парк «Припятский», 2016 – «Пойма реки Днепр», «Полесская долина реки Буг», «Сервечь», «Вилейты – Адутишкис», «Ипуть», «Дрожбитка-Свина», «Дикое», «Голубицкая пуца», «Подвеликий Мох», «Свислочско-Березинский».

Основными направлениями по сохранению, восстановлению и устойчивому использованию водно-болотных угодий Республики Беларусь могут быть:

1) совершенствование нормативного правового обеспечения охраны и устойчивого использования водно-болотных угодий, оценка поглощения и выделения парниковых газов с болотных экологических систем;

2) проведение инвентаризации, учета и анализа состояния водно-болотных угодий, в том числе ведение водного, земельного и лесного кадастров, реестра особо охраняемых природных территорий;

3) восстановление водно-болотных угодий, в том числе разработка и реализация мероприятий по восстановлению нарушенного

гидрологического режима естественных болот, торфяных месторождений, неэффективно осушенных болот;

4) обеспечение научно обоснованного управления, охраны и устойчивого использования водно-болотных угодий, включающего разработку и реализацию схем комплексного использования и охраны вод, схем и проектов землеустройства;

5) регулирование распространения и численности инвазивных чужеродных видов диких животных и дикорастущих растений и их влияние на аборигенный животный и растительный мир;

6) развитие сети водно-болотных угодий, имеющих международное значение, активизация международного сотрудничества;

7) совершенствование информационного обеспечения вопросов, касающихся охраны и устойчивого использования водно-болотных угодий.

В результате реализации стратегии фактически ожидается:

1) сохранение популяций редких и находящихся под угрозой исчезновения видов диких животных и дикорастущих растений, обитающих и произрастающих на водно-болотных угодьях, таких как: большой подорлик, орел-змея, скопа и др.;

2) сохранение их основных мест обитаний (открытые низинные болота - 30 000 га, пойменные луговые земли - 40 000 га, верховые и переходные болота - 160 000 га), а в дальнейшем – увеличение площади мест обитания;

3) использование рекреационного и туристического потенциала водно-болотных угодий, в первую очередь имеющих международное значение («Споровский», «Званец», «Средняя Припять» и др.);

4) повышение уровня просвещения и информированности населения в области охраны и устойчивого использования водно-болотных угодий.

### **Литература**

1. Формирование национальной экологической сети будет способствовать сохранению водно-болотных угодий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://minpriroda.gov.by/>– Дата доступа: 02.2017 г.

2. Об утверждении стратегии по реализации Конвенции о водно-болотных угодьях, имеющих международное значение главным об-

разом в качестве местообитаний водоплавающих птиц: Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 10 февраля 2009 г. №177//Национальный правовой интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: [http://www.pravo.by/pdf/2009-44/2009-44\(013-092\).pdf](http://www.pravo.by/pdf/2009-44/2009-44(013-092).pdf) . – Дата доступа: 13.02.2009 г.

## **РАДИАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТОННЕЛЕЙ И ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

**Судас М. И., Федорович В. Н.**

Научный руководитель – Банников С. Н.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены меры и методы предосторожности при строительстве сооружений. Описаны технические решения по противорадоновой защите. Сопоставлены соотношения эффективности и стоимости защитных мер по снижению в помещении радона.

### **Введение**

Интенсификация развития промышленности, происходившая во второй половине XX столетия, имеет, к сожалению, ряд неблагоприятных последствий, приводящих к ухудшению условий существования человека. Одним из таких отрицательных экологических последствий явилось увеличение радиационного фона, создаваемого как природными, так и искусственными источниками излучения. Известно, что природные источники ионизирующего излучения вносят основной вклад в дозу облучения населения. Средняя эффективная эквивалентная доза, обусловленная природными источниками, составляет около 2/3 дозы от всех источников ионизирующего излучения, действующих в настоящее время на человека. Наиболее весомым из всех естественных источников радиации является радон, ответственный примерно за половину дозы, получаемой от всех естественных источников радиации.

### **Меры предосторожности от радиации при строительстве**

Строительство всегда связано с рисками. Чтобы обеспечить безопасность при строительстве используют нормы законодательства и контроль за их соблюдением. Однако не все риски так предсказуемы, например, радиация. Степень радиационной безопасности человека определяется годовой эффективной дозой облучения от при-

родных и техногенных источников.

При необходимости очистки (деактивации) от радиоактивных загрязнений следует руководствоваться требованиями таблицы 1.

Таблица 1. – Требования для очистки радиоактивных загрязнений

Значения МД-γ в пределах участка застройки, мкЗв/ч	Требования к работам по удалению загрязненной почвы
$N < 0,3$	Радиоактивные загрязнения на участке застройки отсутствуют, грунты могут использоваться без ограничений
$0,3 \leq N \leq 1,0$	Загрязненная почва может быть использована для засыпки ям, котлованов и т. п. с последующей рекультивацией этих мест. Не допускается использование загрязненной почвы для устройства подсыпок под зданием и вокруг фундамента
$1,0 < N \leq 3,0$	Загрязненная почва должна быть вывезена на специально выделенный участок на полигоне промышленных и бытовых отходов с последующей рекультивацией этого участка
$N > 3,0$	Загрязненная почва должна быть вывезена на специальный пункт захоронения радиоактивных отходов с соблюдением правил обращения с радиоактивными отходами
<i>Примечания</i>	
1 На рекультивированных участках уровень МД-γ не должен превышать 0,3 мкЗв/ч.	
2 При наличии в почве трансурановых радионуклидов, а также техногенных загрязнений радионуклидами, включая цезий и стронций, решения принимаются органами, осуществляющими государственный санитарный надзор.	

При отводе под строительство участка с плотностью потока радона с поверхности грунта более 80 мБк/м<sup>2</sup>·с в проекте здания должна быть предусмотрена противорадоновая защита.

Таблица 2. – Приближенная оценка потенциальной радоноопасности территории застройки

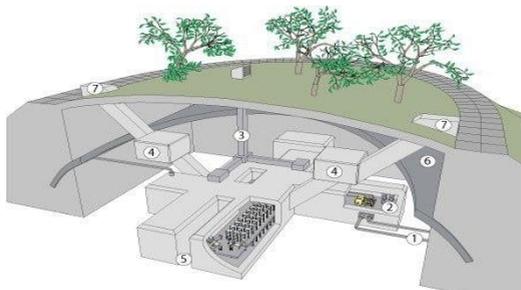
Категория потенциальной радоноопасности территории	ЭРОА радона, Бк/м <sup>3</sup>	Плотность потока радона, мБк/м <sup>2</sup> ·с	ОА радона в почвенном воздухе, кБк/м <sup>3</sup>	Удельная активность радия-226 в почве, Бк/кг
I	<25	<20	<10	<100
II	25–100	20–80	10–40	100–400
III	>100	>80	>40	>400

По степени потенциальной радоноопасности грунты участка застройки различают:

- 1) грунты с низким содержанием радия (известняк, песчаник и др.). Очень низкая газопроницаемость;
- 2) скальные породы и грунты с низким или нормальным содержанием радия. Средняя газопроницаемость;
- 3) грунты, содержащие радий (гранит, фосфаты и др.). Высокая газопроницаемость.

Основные виды технических решений противорадовой защиты следующие:

- вентиляция помещений — замещение воздуха внутри помещений наружным воздухом;
- пропитка;
- покрытие. Покрытие может одновременно выполнять функцию пароизоляционного или гидроизоляционного слоя;
- мембрана. Мембрана может выполнять ту же функцию, что и покрытие;
- барьер — несущая или самонесущая сплошная практически газонепроницаемая конструкция.
- коллектор радона — система, служащая для сбора и отвода в атмосферу выделяющегося из грунта радона, минуя помещения здания;
- депрессия грунтового основания пола — создание в грунтовом основании пола подвала зоны пониженного давления;
- уплотнение — герметизация щелей в ограждающих конструкциях на пути движения радона от источника к помещениям здания.



**Рисунок 1. - Схема подземного сооружения (тоннеля), обустроенного под убежище (бункер)**

В таблице 3 приводится соотношение стоимости и эффективности различных вариантов корректирующих мер по снижению радона в помещении. Стоимость и эффективность могут варьироваться для разных регионов, поэтому их надо адаптировать к конкретным условиям.

Таблица 3. – Соотношение стоимости и эффективности защитных мер по снижению радона в помещении

Метод	Стоимость	Эффективность
Почвенная декомпрессия	Умеренная	Высокая
Герметизация полов	Умеренная	Умеренная
Удаление слоя почвы	Высокая	Высокая
Увеличение вентиляции	Умеренная	Низкая

### **Заключение**

На основании этих данных, а также результатов исследований, проведенных в ГП «Институт НИИСМ», можно сделать вывод, что обеспечение выполнения норм и правил радиационной безопасности в строительном комплексе Республики Беларусь за счет снижения облучения от естественных и искусственных радионуклидов, содержащихся в строительных материалах и конструкциях, а также облучения от радона будет способствовать улучшению экологической обстановки в Республике Беларусь.

### **Литература**

1. Организация радиационного контроля сырья и готовой продукции в организациях Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь: ТКП 45-2.04-133-2009.
2. Губская, А. Г. Решение проблемы защиты населения Могилевской области от воздействия радона / А.Г. Губская, Л.В. Липницкий, С.П. Лярский // Белорусский строительный рынок. – 2003. – №17-18.
3. Порядок проведения обследования зданий, сооружений и конструкций на радонобезопасность: РДС 1.01.18-2002.
4. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности: ОСП-2002.

## **ЭВТРОФИКАЦИЯ**

**Юшкевич Н. В.**

Научный руководитель – Крошнер И. П.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** Статья посвящена такому явлению как эвтрофикация. В ней вкратце описываются основные стадии эвтрофирования, основные источники загрязнения, а также перечислены некоторые основные меры по предотвращению соответствующего явления.

### **Введение**

Эвтрофикация (др. греч. - хорошее питание) — насыщение водоёмов биогенными элементами, сопровождающееся ростом биологической продуктивности водных бассейнов. Эвтрофикация может быть результатом как естественного старения водоёма, так и антропогенных воздействий.

### **Главные агенты эвтрофирования**

Главными агентами эвтрофирования могут выступать соединения азота и фосфора, главным образом в виде нитратов и фосфатов.

Источники поступления агентов эвтрофирования:

- естественное вымывание питательных веществ из почвы и ветривание пород;
- сбросы частично очищенных или неочищенных бытовых сточных вод; содержащих органические соединения азота и фосфора, нитраты и фосфаты;
- смыв неорганических удобрений, содержащих нитраты и фосфат;
- смыв с ферм навоза, содержащего органические соединения азота и фосфора, нитраты, фосфаты и аммиак;
- смывы с нарушенных территорий (шахты, отвалы, стройки, неправильное использование земель);
- сбросы детергентов, содержащих фосфаты;
- поступление нитратов из атмосферы.

По мере роста населения и развития централизованной канализации непрерывно увеличивается поступление биогенов с коммунальными стоками. Этому способствует, в частности, употребление во все больших количествах моющих средств, содержащих фосфор.

### **Стадии эвтрофирования**

При эвтрофировании водная экосистема последовательно проходит несколько стадий. Сначала происходит накопление минеральных солей азота и/или фосфора в воде. Эта стадия, как правило, непродолжительна, так как поступающий лимитирующий элемент немедленно вовлекается в кругооборот и наступает стадия интенсивного развития водорослей в эпилимнионе. Нарастает биомасса фитопланктона, увеличивается мутность воды, повышается концентрация кислорода в верхних слоях воды.

Затем наступает стадия отмирания водорослей, происходит аэробная деградация детрита, образование хемоклина. Интенсивно отлагаются донные илы с повышенным содержанием органики. Отмечаются изменения зооценоза (замещение лососевых рыб карповыми).

Наконец, наступает полное исчезновение кислорода в глубинных слоях и начинается анаэробное брожение. Характерно образование сероводорода, сероорганических соединений и аммиака.

### **Хозяйственные последствия эвтрофирования**

Обильная растительность может препятствовать движению воды и водного транспорта, вода может стать непригодной для питья даже после обработки, рекреационная ценность водоема может снизиться, могут исчезнуть коммерчески важные виды рыб (такие как форель). Наконец, эвтрофирование приводит к вспышкам «цветения» (массового развития) водорослей.

Цветение водорослей наносит двоякий ущерб водной системе. Во-первых, оно снижает освещенность, вызывая гибель водных растений. Тем самым нарушаются естественные местообитания многих гидробионтов. Во-вторых, при отмирании водорослей потребляется много кислорода, что может привести к тем же последствиям, что и прямое внесение органики в воду.

Легкоокисляемое органическое вещество, в избытке содержащееся в коммунально-бытовых стоках, становится питательной средой

для развития множества микроорганизмов, в том числе и патогенных. Кроме непосредственной опасности развития патогенных организмов в воде, загрязненной бытовыми стоками, существует другое не прямое неприятное для человека последствие этого вида загрязнений. При разложении органического вещества (и химическом, и микробиологическом) потребляется кислород. В случае тяжелого загрязнения содержание растворенного в воде кислорода падает настолько, что это сопровождается не только заморами рыбы, но и невозможностью нормального функционирования микробиологических сообществ. Происходит деградация водной экосистемы.

### **Меры предотвращения эвтрофикации**

Основная мера предупреждения эвтрофикации водоемов сводится к их охране от избыточного поступления биогенов, в частности фосфора и азота. Эта мера осуществляется многими путями. В первую очередь к ним относится повышение культуры земледелия, сопровождающееся уменьшением стока биогенов с сельскохозяйственных угодий. Очень важно не применять повышенные дозы удобрений, не дающие заметного экономического эффекта. Другой путь — перехват биогенов, выносимых с сельскохозяйственных угодий. Азот может быть удален только с помощью биологических процессов нитрификации и денитрификации. Большинство азотных соединений переводится в состояние молекулярного азота и выводится в атмосферу. Фосфор, который зачастую имеет большое значение для качества водных объектов, может быть устранен с помощью химических или биологических мероприятий. Фосфор накапливается в активном иле и выводится из процесса путем удаления активного ила. Для малых водоемов можно сооружать кольцевую дренажную систему с последующим отводом собранных сточных вод за пределы водосбора.

В небольших водохранилищах, сооружаемых на малых водотоках, в том числе пересыхающих летом (балки, овраги и др.), от излишка биогенов можно освободиться путем рыбоводных мероприятий, одновременно получая ценную продукцию. Особенно перспективно использование растительноядных рыб, непосредственно утилизирующих первичную продукцию и повышающих эффективность эксплуатации рыбных хозяйств.

Для перехвата биогенов, поступающих в небольшие водоемы с малой водосборной площадью, важно правильное обустройство прибрежной полосы, в частности ее облесение. Показано, что в условиях Московской области лесная полоса шириной 30 м почти полностью задерживает поступление биогенов в водоем с пахотного поля длиной 190 м и уклоном 3°. Лесная полоса не должна вплотную подступать к берегу во избежание загрязнения водоема листовым опадом; оставление полосы луга шириной 15 м устраняет эту возможность.

### **Заключение**

Охрана общих водных ресурсов должна быть приоритетом для всех наций с целью обеспечения наличия достаточного количества высококачественной воды для удовлетворения потребностей людей, экономики и окружающей среды. В связи с этим перед современным обществом встают следующие задачи: повышение уровня знаний о современных водоочистительных технологиях и продвинутых способах удаления биогенных элементов, а также повышение уровня осведомленности о вредных последствиях повышения уровня содержания биогенных элементов в водотоках и путях решения проблемы

### **Литература**

1. Антропогенная эвтрофикация водоемов [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://biofile.ru/bio/16541.html>. – Дата доступа: 24.04.2017.
2. Всё для МГСУ [Электронный ресурс].- Режим доступа: [http://allformgsu.ru/publ/ehkologija/ehvtrofikacija\\_i\\_mery\\_borby\\_s\\_neju/23-1-0-137](http://allformgsu.ru/publ/ehkologija/ehvtrofikacija_i_mery_borby_s_neju/23-1-0-137).– Дата доступа: 24.04.2017.
3. Проект PRESTO [Электронный ресурс].- Режим доступа: [www.prestobalticsea.eu](http://www.prestobalticsea.eu). – Дата доступа: 24.04.2017.

## **РАЗДЕЛ 4**

# **ЗАЩИТА НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ТЕХНОГЕННЫХ И ПРИРОДНЫХ КАТАСТРОФАХ**

## МЕГАЦУНАМИ КАК СТИХИЙНОЕ БЕДСТВИЕ

**Бородич А. А, Майчук Д. В.**

Научный руководитель – Мякота В. Г.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** Цель работы: Изучить такое стихийное бедствие, как мегацунами. Понять, чем отличаются от обычных цунами.

Задача: Рассмотреть самые знаменитые мегацунами 20 века. Описать один из возможных сценариев извержения вулкана Ла-Пальма.

### **Введение**

Стихийные бедствия угрожают обитателям нашей планеты с начала цивилизации. Где-то в большей мере, в другом месте менее. Стопроцентной безопасности не существует нигде. Природные катастрофы могут приносить колоссальный ущерб, размер которого зависит не только от интенсивности самих катастроф, но и от уровня развития общества и его политического устройства. Природные катастрофы происходят внезапно, совершенно опустошают территорию, уничтожают жилища, имущество, коммуникации, источники питания. За одной сильной катастрофой, словно лавина, следуют другие: голод, инфекции.

Мегацунами – так называют цунами необыкновенно большого размера. Они возникают в результате гигантских оползней, падением в море метеоритов и так далее. Высота волны мегацунами может достигать десятков, сотен и даже тысяч метров. Термин “мегацунами” ввели учёные в 1953 году: это название было призвано подчеркнуть отличие гигантской волны от обычных цунами, вызываемых землетрясениями.

Высокие мегацунами видны сразу. Цунами из Литуя до сих пор остается самым большим в современной истории. В июле 1958 после 7-балльного землетрясения в залив снесло прибрежную скалу – около 81 миллиона тонн льда и твердой породы. Мегацунами, с

корнем повырывав на прибрежных склонах все деревья и кустарники, зачистило берега на высоту до 524 метра- это была самая большая высота волны из всех, когда-либо зарегистрированных в истории.

Наиболее часто потенциальными источниками мегацунами называют вулканические острова, на которых существует угроза оползней. Если на таком острове произойдет большой оползень, мощи образовавшейся волны хватит, чтобы залить водой 25 километров ближайшего берега.

Таблица 1. - Мегацунами современности

Год	Происшествие	Потери
1963	Неподалеку от итальянской плотины Вайонт случился оползень, который породил 250-метровое пресноводное мегацунами.	Вода обрушилась на пять близлежащих деревень. Погибло 2 тысячи человек.
1972	Произошло извержение вулкана Ундзен. От этого возникло мегацунами высотой 100 метров.	Оно унесло 15 тысяч жизней местных рыбаков.
18 мая 1980	Взорвался американский вулкан Сент Хеленс. В близлежащем озере Спирит Лэйк возникло мегацунами высотой 260 метров.	Обошлось без жертв

Одним из очень опасных мест в смысле зарождения гигантских волн является остров Ла-Пальма в Канарском архипелаге, недалеко от побережья Северной Африки. Ла-Пальма является островом вулканического происхождения, и во время последнего извержения вулкана Кумбре Вьеха в 1949 году часть острова опустилась в море

на несколько метров. Тогда это извержение и обвал скальной породы вызвали не слишком большую волну. С тех пор вулкан остаётся активным.

Один из сценариев извержения вулкана Ла-Пальма следующий:

Мегацунами дойдёт не только до побережья Северной Африки, но и до береговой линии Великобритании, Франции, Испании и Португалии. По расчётам учёных, у берегов Африки высота мегацунами снизится до 200 метров, а у берегов Европы - до 100 метров. Но самая большая волна будет двигаться на запад, пересекая Атлантический океан. Через несколько часов она пересечёт Атлантику и ударит по островам Карибского бассейна, побережью Бразилии и достигнет даже восточного побережья США. Пройдя четыре тысячи миль через океан, волна станет ниже и шире. Её высота может составить 50 метров, а ширина - несколько километров. Эта волна сможет проникнуть на двадцать километров вглубь материка, сметая всё на своём пути. На компьютере модель такого мегацунами показывает, что следующее извержение вулкана Кумбре Вьеха может стереть с лица земли такие города, как Майами, Нью-Йорк и Бостон. Небоскрёбы развалятся на куски, мосты будут сорваны с опор. Вряд ли кому из жителей этих городов удастся спастись во время этой катастрофы.

Как же спастись от мегацунами? Можем ли мы остановить их? На сегодняшний день человечество не владеет технологией, способной предотвратить извержение вулкана или землетрясение. Мы не в силах пока создать барьер массе в 500 миллиардов тонн или остановить волну, мчащуюся со скоростью более 500 километров в час. Всё, что можно сделать, это эвакуировать людей из опасных прибрежных зон. Но нужно принять в расчёт, что цунами всего за несколько часов проходит расстояние от места своего возникновения до берега, а мегацунами пройдёт этот путь ещё быстрее. Нужно успеть за несколько часов эвакуировать многомиллионные города.

### **Заключение**

Исследования последних десятилетий убедительно показывают, что катастрофические события, связанные со сходом оползней в крупные и мелкие водные бассейны, можно считать хоть и нечастым, но обычным геологическим явлением. Такие события происходили в прошлом и гарантированно случатся в будущем. Положи-

тельный момент — в их редкости, отрицательный — в том, что оползневые процессы активизируются при изменении уровня водных бассейнов, когда склоны становятся неустойчивыми. А это именно то, чего можно ожидать в связи с глобальным потеплением климата. Кроме того, мы сами влияем на устойчивость склонов, формируя водохранилища и занимаясь строительством. Не исключено, что человечество еще увидит природные и техногенные катастрофы, связанные со сходами оползней в водные бассейны, но, скорее всего, избежит разрушительных для всего человечества мегацунами в обозримом будущем. В любом случае явление мегацунами требует дополнительного изучения как с точки зрения обнаружения. В связи с этим очень важно прогнозировать извержения подводных вулканов, подводные и надводные землетрясения и обвалы. Сегодняшний уровень развития сейсмологии даёт возможность прогнозировать извержения вулканов и землетрясения за несколько недель до их начала. Что даёт нам некоторое преимущество в борьбе с этим природным катаклизмом.

### **Литература:**

1. Мегацунами – смывающие города [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://ufoleaks.su/news/4083-megatsunami-smuvayuschie-goroda.html>.
2. Мегацунами [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://llo111.ru/megatsunami>.
3. Мегацунами в заливе Литуйя [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.nat-geo.ru/fact/42069-megatsunami-v-zalive-lituuya/>.

## **СРАВНЕНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС И АЭС ФУКУСИМА-1**

**Герасимчук П. Н., Холопук Н. С.**

Научный руководитель – Мякота В. Г.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** В данной статье рассматривается проблема безопасности атомных электростанций на примере сравнения Чернобыльской АЭС и АЭС Фукусима-1.

### **Введение**

Сегодня, как никогда прежде, вопрос безопасности на АЭС стоит особенно высоко. В Республике Беларусь строится первая в стране атомная электростанция и кому как не нам знать о губительных последствиях после аварии в Чернобыле. Две самые крупные катастрофы в атомной отрасли произошли на Чернобыльской АЭС и АЭС Фукусима-1.

И авария на ЧАЭС в 1986 году, и авария на АЭС Фукусима Дайичи в 2011 году — это крупные радиационные аварии максимального 7-го уровня по Международной шкале ядерных событий (INES). В аварии на ЧАЭС участвовал 1-канальный реактор типа РБМК-1000, в Фукусимской аварии участвуют 4 реактора типа ВВЭР. Обе аварии привели к значительному выбросу радиоактивных веществ в окружающую среду. В Управлении ядерной и промышленной безопасности (NISA) оценивают радиоактивное излучение от японской станции в момент аварии на порядок ниже, чем от Чернобыльской. Оценка выброса Фукусимской аварии составляет ~ 11% по I-131 и ~ 35% по Cs-137 от выброса при аварии на Чернобыльской АЭС. Однако многие специалисты предупреждают, что остается вероятность превышения суммарных выбросов радиации с АЭС Фукусима Дайичи ввиду малой эффективности мероприятий японской стороны по ликвидации аварии. Сравнение 2-х аварий приведено в таблице 1.

Таблица 1. – Сравнение аварий на Чернобыльской АЭС и АЭС Фукусима-1

АЭС	Фукусима-1	Чернобыльская АЭС
1	2	3
Дата аварии	11 марта 2011	26 апреля 1986
INES уровень	7	7
Тип реактора	Кипящий водный реактор. Реактор 1 – BWR 3; остальные – BWR 4.	РБМК-1000 графитно-водяной, 2-го поколения
Количество реакторов	6 на АЭС. В аварии 4 (и резервуары для отработанного топлива)	4 на АЭС. 1 в аварии
Количество ядерного топлива в реакторах	4 реактора – 1852 тонны	1 реактор – 210 тонн
Причины аварии	Станция не была рассчитана на цунами такой мощности. Большое землетрясение и цунами вызвало выход из строя линий электропередач и запасных генераторов. На обесточенной электростанции с затопленными генераторами произошло остаточное тепловыделение, которое разрушило реакторы.	Непосредственная причина – человеческие ошибки при выполнении процедур. Непродуманный дизайн реактора вызвал нестабильность на маленькой мощности из-за дополнительного коэффициента реактивности и создания пара. После выполнения недопустимого теста на малой мощности реактор перешел в критическое состояние. После этого произошел паровой взрыв, который высвободил ядерное топливо, графитные стержни и расплавил реактор.
Максимальный уровень замеренной радиации	210 Зв/г (непосредственно внутри реактора №2)	300 Зв/г сразу после взрыва в непосредственной близости к реактору.
Радиоактивные выбросы.	900 Петабеккерелей в атмосферу только в марте 2011 года. ТЕРСО признала, что радиация продолжает попадать в океан через подземные воды.	5200 Петабеккерелей

Продолжение таблицы 1

1	2	3
Загрязненная зона	Уровни радиации, превышающие годовые нормы замечены, за 60 км. Точные данные о загрязнении Тихого океана неизвестны.	Площадь на расстояние в 500км от места аварии.
Запрещенная зона	20 км	30 км
Отселенное население	154,000 человек	335,000 человек
Непосредственные смерти от аварии	Нет	2 сразу умерли от травм. 28 умерло от лучевой болезни. 4 от аварии вертолета.
Состояние	16 декабря 2011 – остановка реакторов. Однако вывод с эксплуатации займет 30-40 лет. Вынуты все топливные стержни 4-го реактора.	Все реакторы остановлены до 2000 года. В 2017 году заканчивается строительство нового саркофага, после чего начнется разборка АЭС

Стоит отметить, что наряду с масштабами катастрофы на Чернобыльской АЭС, отсутствовали заранее разработанные технологии локализации и устранения последствий крупных аварий в атомной энергетике. По этой причине уже в середине мая 1986 г. около 150 пожарных и работников АЭС были госпитализированы вследствие облучения в разных дозах.

Убытки и потери от Чернобыльской по разным подсчётам в денежном выражении исчисляются суммой до 130 млрд. долл.

Во время катаклизма в префектуре Фукусима погибло 1607 чел. В последующий период умер 1671 человек, по данным полиции за три года зарегистрировано 46 случаев суицида. Все эти смерти власти связывают с событиями на АЭС.

На 11июля 2014 г. было подано более 2,2 млн. исков на сумму около 40 млрд. долларов по возмещению ущерба от инцидента на Фукусимской АЭС. Около 2 млн. из них было удовлетворено.

### **Заключение**

Таким образом, две страшные аварии нанесли непоправимый ущерб планете в целом. Несмотря на большое количество атомных электростанций во всем мире, риск стройки новой АЭС все же есть.

Однако, если при установке и управлении электростанцией инженеры будут руководствоваться всеми правилами безопасности, то этот риск сводится к нулю.

### **Литература**

1. Википедия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа.  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison\\_of\\_Fukushima\\_and\\_Chernobyl\\_nuclear\\_accidents](https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_Fukushima_and_Chernobyl_nuclear_accidents)

## **КРУПНЕЙШИЕ СТИХИЙНЫЕ БЕДСТВИЯ 21 ВЕКА**

**Горбач А. А., Смирнов Е. А.**

Научный руководитель – Мякота В. Г.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** В последнее время участилось количество стихийных бедствий на планете. В докладе приводится описание стихийных бедствий, повлекших за собой наибольшее количество людских потерь, сильные разрушения и охватившие наибольшие территории, а также приведшие к наибольшему экономическому урону.

### **Введение**

Стихийное бедствие — разрушительное природное и (или) природно-антропогенное явление или процесс значительного масштаба, в результате которого может возникнуть или возникнуть угроза жизни и здоровью людей, произойти разрушение или уничтожение материальных ценностей и компонентов окружающей природной среды [1].

В 21 веке произошли одни из самых крупнейших стихийных бедствий. Следует отметить, что среди них преобладают землетрясения, сопровождающиеся большими людскими потерями и разрушениями.

### **Землетрясение в Гаити (количество жертв 313 000)**

Землетрясение в Гаити произошло 12 января 2010 года, его величина была 7.0 балла, а эпицентр находился в районе города Леогане. Толчки продолжались до 24 января и имели магнитуду 4,5 баллов. Около 3 миллионов человек пострадали от стихийного бедствия, а число погибших достигло около 316 000 человек, число раненных — 300000 раненых, а миллион жителей остались без крова.

Вся система образования в стране рухнула, поскольку почти 1300 школ и три основных университета в Порт-о-Пренсе разрушены. Около 1,1 млрд. долларов были пожертвованы для облегчения последствий [2].

### **Цунами в Индийском океане (количество жертв 230 000).**

В декабре 2004 года Индийском океане произошло землетрясение, известное в научном мире как Суматро-Адаманское землетрясение. Эпицентром толчков стала область неподалеку индонезийского острова Суматра. Цунами, унесло жизни почти 230 тысяч человек в 14 странах.

Наиболее пострадавшими странами были Индонезия, Шри-Ланка, Индия и Таиланд. Землетрясение ощущалось в то же время в таких местах, как Бангладеш, Индия, Малайзия, Мьянма, Таиланд, Сингапур, Мальдивские острова. Волны достигали высоты в тридцать метров, а колебания имели магнитуду в 9,1 и 9,3 балла. [2].

### **Циклон «Наргис» Мьянма (количество жертв 146 000)**

Циклон «Наргис» — тропический циклон, который стал худшим стихийным бедствием в Мьянме 2 мая 2008 года и привел к смерти около 146 тысяч, а 55 тысяч человек пропали без вести. Ущерб составил 10 миллиардов долларов. Этот циклон является самым опасным в Северном бассейне Индийского океана, вторым по числу смертей после тайфуна «Нина» в 1975 году [3].

### **Волны жары из России 2010-го года (количество смертей 56 000)**

В 2010 году лето в Северном полушарии было весьма экстремальным по температурным показателям на территории Соединенных Штатов, Канаде, России, Монголии, Китае, Японии, Корее, Казахстане, Индокитае и на Европейском континенте в целом. Весь период с апреля по июнь стал самым теплым на континентальных участках в Северном полушарии. Эти экстремальные погодные условия привели к лесным пожарам в Китае, и к сильнейшей засухе за последние 60 лет в провинции Юньнань. Около 56000 человек умерли в указанном регионе из-за этого бедствия. Москва и Московская область так же задыхались в дыму лесных пожаров.

Отошел самый большой кусок шельфового ледника в Северном Ледовитом океане, который соединяет Гренландию и пролив Нейрс. Подобные аномалии вызваны высоким содержанием углекислого газа в атмосфере, что приводит к увеличению средних температур [3].

### **Жара в Европе в 2003-м году (количество жертв 40 000)**

В 2003 году европейская жара стала убийственным фактором, особенно во Франции. Из-за серьезных проблем со здоровьем и засухой число погибших достигло почти 40 000.

В Португалии, где температура воздуха достигла 48°C, пронеслись обширные лесные пожары: под огнем оказались почти пять процентов сельской местности и десять процентов лесов. В Нидерландах около 1500 смертей так же были связаны с высокими для этой страны температурами (почти 37,8°C).

Пару сотен смертей были зарегистрированы в Испании и Германии, где температура достигала 45,1 и 41°C соответственно. В Швейцарии в Альпах растаяли многие ледники, вызывая сход лавин и наводнения. Был установлен новый национальный рекорд температуры в 41,5°C. Тысячи людей погибли по всей Великобритании. Производительность сельскохозяйственного сектора сократилась на десять процентов из-за засухи и жары [2].

### **Цунами и землетрясение в регионе Тохоку, Япония (количество жертв 18 400)**

Землетрясение в Тохоку величиной около 9,0 балла ударило по побережью Японии 11 марта 2011 года. Эпицентр находился в 72 км к востоку от полуострова Ошика региона Тохоку. Волны цунами достигали 23,6 м. Они добрались до берегов Японии в течение нескольких минут после землетрясения. Меньшая ударная волна через несколько часов достигла других стран, расположенных вдоль Тихоокеанского побережья.

Около 18400 смертей были официально подтверждены, а также 2778 человек было ранено, и около 17339 человек пропало без вести. Был нанесен огромный материальный ущерб: разрушены дороги, железные дороги и плотины. На атомной станции произошло три взрыва.

Землетрясение является худшим в истории Японии и пятым из наихудших в мире с 1900 года. Всемирный банк оценил ущерб в 235 млрд. долларов, что делает данное природное бедствие самым дорогим из всех произошедших в наше время [2].

### **Наводнение на реке Амур**

Разрушительное наводнение, продолжавшееся более двух меся-

цев, вызвал дождевой паводок, сформировавшийся в июле—сентябре 2013 года на реках бассейна Амура. В Амурской, Еврейской автономных областях, Хабаровском крае были затоплены десятки населённых пунктов. Более 12 тысяч домов разрушены и более двух тысяч из них не подлежат восстановлению. На середину октября 2013 года общее число пострадавших превысило 168 тысяч человек. Десятки тысяч человек переселены из зоны бедствия. Суммарный экономический ущерб составлял 40 млрд рублей.

Ещё более разрушительными оказались последствия наводнения для китайской части бассейна Амура, что связано с большей численностью и плотностью проживающего там населения. В результате в провинции Хэйлуцзян погибли или числятся пропавшими без вести более 200 человек, свыше 800 тысяч человек эвакуированы, а общий ущерб от наводнения оценивается в 15 млрд долларов США [4].

### **Заключение**

Таким образом, количество пострадавших только в представленных случаях составляет более 1 млн человек, а стихийные бедствия происходят ежедневно во всех уголках Земли. Только где-то они имеют малые масштабы, а где-то более крупные, и в год количество жертв от землетрясений, наводнений и многих других стихийных бедствий составляет более 90 млн человек.

### **Литература**

1. Стихийные бедствия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>. – Дата доступа: 12.04.2017.
2. 10 самых ужасных природных катаклизмов 21 века. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rate1.com.ua/okruzhajushchaja-sreda/priroda/2391/>. – Дата доступа: 12.04.2017.
3. Крупнейшие стихийные бедствия десятилетия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://delo.ua/world/krupnejshie-stihijnye-bedstvija-153887/>. – Дата доступа: 12.04.2017.
4. Катастрофа национального масштаба. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nkj.ru/archive/articles/23592/>. – Дата доступа: 12.04.2017.

## **ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ ВНЕШНЕЙ ЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКИ РЕАКТОРНОГО ОТДЕЛЕНИЯ АЭС ПРИ ПАДЕНИИ САМОЛЕТОВ РАЗНЫХ ТИПОВ**

**Денисюк Е. А.**

Научный руководитель – Архангельская Т. М.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** В статье исследованы внешние экстремальные нагрузки, действующие на конструкцию АЭС, их особенности и методы расчета на примере падения самолетов разных типов.

Имеются два основных пути обеспечения защиты АЭС от экстремального воздействия: либо посредством специальных защитных барьеров (например, наружная железобетонная защитная оболочка реакторного отделения), либо путем проектирования систем исходя из требования, чтобы они могли противостоять экстремальному воздействию (включая их дублирование, разнотипность и пространственное разделение). Существует 4 канала безопасности на АЭС. Такое воздействие, как например падение самолета выбивает один из них – остальные гарантируют отсутствие ядерной катастрофы. Строительные конструкции защитной оболочки являются последним и единственным барьером в случае возможной аварии. В этой связи научные сотрудники, занимающиеся ее разработкой и расчетами, делают очень важную работу. Суммарная стоимость систем безопасности достигает 40% от стоимости строительства, иначе 4 млрд. долларов. Для АЭС [1], в которых в результате аварии возникает значительное избыточное давление, применяют защитные оболочки с цилиндрическими стенами, с покрытием в виде сферы и с плоским или сферическим днищем.

Необходимость учета воздействия от падения самолета определяется «Общими положениями обеспечения безопасности атомных станций при проектировании, сооружении и эксплуатации», а также специальными требованиями Заказчика. При расчете зданий и сооружений атомных станций на воздействие от падения самолета

следует: угол падения самолета к горизонту принимать в интервале от 10 до 45°; величину коэффициента динамичности при расчете эквивалентной статической нагрузки принимать на основании динамического расчета. Существует два метода расчета конструкций АЭС на экстремальные воздействия [2]: детерминистический расчет конструкций; вероятностный анализ надежности.

Согласно детерминистическому методу для проверки сохранения работоспособности конструкции отклики сравниваются с соответствующими предельными значениями – прочностью материалов, допускаемыми перемещениями и т.п. Прочность конструкции зависит от характеристик материалов и от приложенных к конструкции воздействий. В результате детерминистического расчета конструкции формально получается однозначный ответ на вопрос, сохраняется или нет ее работоспособность. Однако в действительности, используемые значения коэффициентов позволяют гарантировать работоспособность только с некоторой вероятностью. Методы оценки этой вероятности изложены в [2].

Тела, в зависимости от сравнительной величины деформации самого тела и ударяемой преграды эти тела можно условно разделить на жесткие и легко деформируемые (или разрушающиеся). При ударе первых кинетическая энергия расходуется главным образом на деформацию преграды, а само тело часто считают абсолютно твердым. Легко деформируемые тела сами разрушаются при ударе о преграду, т.е. их кинетическая энергия расходуется как на собственное разрушение, так и на деформацию преграды. При этом первая доля энергии может оказаться больше, чем вторая. При проектировании зданий и сооружений АЭС в качестве таких тел рассматривают сминаемый фюзеляж самолета.

В настоящее время принято рассматривать падение на АЭС самолетов трех видов: относящихся к авиации общего назначения, военной и коммерческой сфер. Ниже приведены нагрузки и воздействия при падении самолетов разных типов, предусмотренные различными нормативами и руководящими материалами, а также применявшиеся в реальных проектах АЭС.

*Самолеты авиации общего назначения. Самолет Lear Jet-23.* Учет падения самолета этого типа предусмотрен нормами Франции

[3] и Рекомендациями МАГАТЭ [4]. Его длина 13,8 м, высота 3,84 м, размах крыльев 10,85 м. Максимальная взлетная масса 5670 кг. Самолет имеет два турбореактивных двигателя длиной 1 м, диаметром 0,45 м и массой 180 кг. Нагрузка при ударе представлена на рис. 1. Она соответствует скорости удара  $v = 360$  км/ч, площадь пятна удара  $S = 12$  м<sup>2</sup>. Для АЭС, расположенных дальше 5 км от аэропорта, направление удара принимается от 0 до 45° к вертикали, а ближе 5 км рассматривается также траектория под углом 80° к вертикали.

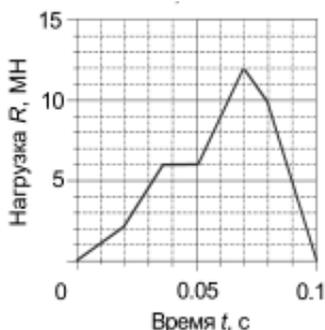
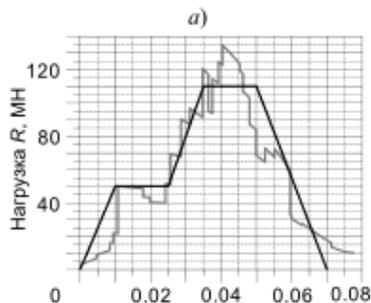


Рисунок 1. – Нагрузка при ударе самолёта Lear Jet-23

*Военные самолеты. Истребитель-бомбардировщик Phantom RF-4E.* Учет самолета этого типа предусмотрен нормами Германии [5] и Рекомендациями МАГАТЭ [4]. Закон изменения нагрузки на строительные конструкции, применяемый в расчетах, показан сплошной линией на рис. 2. Суммарная масса самолета составляет 20000 кг, скорость 215 м/с [6]. Угол падения составляет от 0 до 45° к горизонту. Пятно удара обычно принимают в виде круга площадью 7 м<sup>2</sup>. Кроме приведенной нагрузки, соответствующей разрушению фюзеляжа, учитывают удар двигателя с массой 1665 кг, диаметром 0,91 м и скоростью 100 м/с. Угол удара от 0 до 45° к горизонту.

Кроме приведенной нагрузки, соответствующей разрушению фюзеляжа, учитывают удар двигателя с массой 1665 кг, диаметром 0,91 м и скоростью 100 м/с. Угол удара от 0 до 45° к горизонту. Двигатель чаще всего рассматривают как абсолютно твердое тело, и расчет строительных конструкций производят по эмпирическим формулам.



**Рисунок 2. – Нагрузки при ударе истребителя-бомбардировщика Phantom RF-4E**

В 1988 г. в Sandia National Laboratories (США) был проведен натурный эксперимент, в процессе которого произведен удар самолета Phantom RF-4E со скоростью 215 м/с в массивную железобетонную плиту толщиной 3,66 м. Эксперимент показал, что при условиях его проведения (соотношение масс самолета и преграды 1:25, малые потери энергии в опорах преграды) 94 % кинетической энергии самолета было затрачено на его собственное разрушение, и только оставшиеся 6 % – на разрушение преграды.

*Нагрузка по нормам России.* На рис. 3 приведена нагрузка на строительные конструкции и площадь пятна удара по нормам России. Считается, что они создаются ударом военного самолета с массой 20 000 кг и скоростью 200 м/с. Угол падения самолета – от 0 до 45° к горизонту. Направление удара следует принимать наиболее опасным для конструкции. Данная нагрузка пропорциональна нагрузке при ударе самолета Phantom RF-4E. Удар двигателя, а также возгорание и/или взрыв авиационного топлива нормами не оговорены. На практике их обычно учитывают так же, как для самолета Phantom RF-4E.

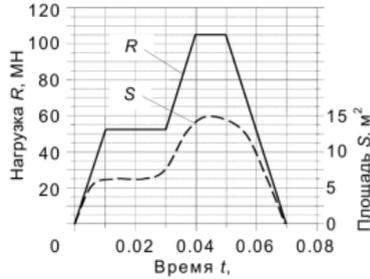


Рисунок 3. – Нагрузка при ударе самолета по нормам России

*Самолеты коммерческой авиации.* **Boeing 707-320** – дальнемагистральный пассажирский самолет, вмещающий около 190 пассажиров и членов экипажа. Его размеры: размах крыла 44,42 м, длина 44,61 м, высота 12,75 м. Самолет имеет четыре турбореактивных двигателя. Учет нагрузки от его удара предусмотрен также рекомендациями МАГАТЭ [4]. В них предполагается падение самолета этого типа с массой 200 000 кг и скоростью 100 м/с. Нагрузка и площадь пятна удара показана на рис. 4,а, коэффициент динамичности – на рис. 4,б. Как и выше, расчет производится по огибающей коэффициента динамичности (пунктир).

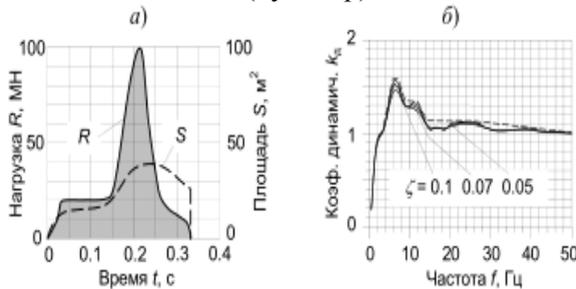


Рисунок 4. – Нагрузка при ударе самолета Boeing 707-320 со скоростью 100 м/с

*Грузопассажирские самолеты.* **АН-26.** Грузопассажирский турбовинтовой самолет АН-26 предназначен для взлета и посадки на природные аэродромы. Поэтому он имеет небольшую посадочную скорость – 220 км/ч. Максимальная скорость самолета у поверхности земли составляет 430 км/ч. Масса самолета – 24000 кг. На рис. 5 показана площадь пятна удара.

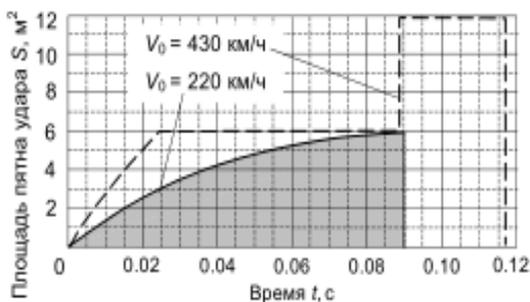


Рисунок 5. – Площадь пятна удара самолета АН-26

Все виды рассматриваемых самолётов сводим в табл. 1.

Таблица 1. – Типы самолетов и характеристика их нагрузок

Вид авиации	Наименование самолета	Площадь пятна удара, $\text{м}^2$	Сосредоточенная нагрузка, МН	Распределенная нагрузка, $\text{т/м}^2$	Угол падения, град.	$k_d$	Примечания
Общего назначения	Lear Jet-23	12	12	100	0...80	1,1...1,3	Нормы Франции и Рекомендации МАГАТЭ
Военная	Phantom RF-4E	7	110	1571	0...45	1,1...1,6	Нормы Германии и Рекомендации МАГАТЭ
Коммерческая	АН-26	6	18	300	10...45	1,1...1,8	-
	Boeing 707-320	40	100	250	0...10	1,1...1,6	Рекомендации МАГАТЭ

Из табл. 1 видно, что рассматриваемый нами ранее самолёт **Lear Jet-23** не является наиболее опасным представителем этого класса. В качестве представителя военной авиации был рассмотрен **Phantom RF-4E**. Нагрузка при его падении с учётом  $k_d = 1$  составляет  $1571 \text{ т/м}^2$ . Расчёты показали, что внешняя защитная оболочка не способна выдержать попадание такого. При рассмотрении самолётов коммерческой авиации было установлено, что внешняя защитная оболочка реакторного отделения БелАЭС способна выдер-

жать попадание самолёта **АН-26** при  $k_d = 1,8$  (нагрузка составила  $540 \text{ т/ м}^2$ ). При рассмотрении эталонного по Рекомендациям МАГАТЭ самолёта **Boeing 707-320**, наблюдается разрушение внешней защитной оболочки при нагрузке  $275 \text{ т/ м}^2$  ( $k_d = 1,1$ ).

Таким образом, установлено, что внешняя защитная оболочка реакторного отделения Белорусской АЭС способна без разрушения выдержать попадание легкомоторных самолётов авиации общего назначения, а также грузопассажирского самолёта **АН-26** коммерческой авиации массой 24 т. Однако она абсолютно не эффективна перед ударами самолётов военной авиации, а также самолётами коммерческой авиации международных авиалиний.

При необходимости, можно улучшить прочностные показатели защитной оболочки путём её усиления углеволокном. В результате его применения увеличивается сопротивление ударным и динамическим нагрузкам, восстанавливается несущая способность сооружений при усталости элементов конструкции, наличии трещин, прогибов, коррозии арматуры.

### Литература

1. Защитные оболочки атомных электростанций: учеб. пособие / В. А. Соколов – Санкт-Петербург: 2003. – 106 с.
2. Бирбраер, А. Н. Экстремальные воздействия на сооружения / А. Н. Бирбраер, А. Ю. Роледер. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. – 594 с.
3. Правила проектирования и строительства строительных конструкций ядерного острова с реактором типа REP (с водой под давлением) : RCC-G / Электрисите де Франс. – Июль 1988.
4. External Human-Induced Events in Site Evaluation for Nuclear Power Plants. IAEA Safety Standards Series. Safety Guide No.NS-G-3.1 / International Atomic Energy Agency. Vienna, 2002.
5. Richtlinie für den Schutz von Kernkraftwerken gegen Druckwellen aus chemischen Reaktionen durch Auslegung der Kernkraftwerke hinsichtlich ihrer Festigkeit // Bundesanzeiger. No. 179. Bonn (22.9.1976). S. 1–3.
6. Drittler K., Gruner P. The Force Resulting from Impact of Fast-Flying Military Aircraft upon a Rigid Wall // Nucl. Engng. and Des. 1976. Vol. 37. P. 245–248.

## ТУРИЗМ В ЗОНЕ ЧАЭС

**Качкарик П. В., Чайковская Ю. Л.**

Научный руководитель – Мякота В. Г.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** Оценка туристической ситуации в Чернобыльской зоне. Изучение маршрута проведения экскурсии. Ознакомление с правилами посещения зоны.

### **Введение**

26 апреля 2017 года исполнился 31 год со дня аварии на Чернобыльской АЭС: во время испытания турбогенератора произошел взрыв и пожар, он продолжался 10 суток и все это время в воздух выбрасывались радиоактивные материалы. 27 апреля был эвакуирован город Припять (47,5 тысяч человек), а в последующие дни – население 10-километровой зоны вокруг АЭС. Всего в течение мая 1986 года из 188 населенных пунктов в 30-километровой зоне отчуждения вокруг станции были отселены около 116 тысяч человек. Радиоактивному загрязнению подверглось более 200 тысяч квадратных километров, из них 70% – на территории Украины, Беларуси и России.

После катастрофы на ЧАЭС была проведена сложная и опасная работа по разъединению коммуникаций 3-го и разрушенного 4-го энергоблоков, и три блока продолжали работать. Однако мировая общественность настаивала, и станция была закрыта. Второй энергоблок остановили в 1991 году, первый — в 1996 году, а последним остановили третий энергоблок — 15 декабря 2000 года. Из энергопроизводящей станции ЧАЭС превратилась в энергопотребляющую.

Последствия техногенной катастрофы специалисты всего мира устраняют до сих пор.

Первые туристы появились в Зоне отчуждения в 90-х, когда уровень радиации серьезно упал, а в начале двухтысячных уже возник-

ли туристические фирмы, которые организовывали экскурсии в Чернобыль. Туристов стало существенно больше после того, как в 2002-м вышел доклад ООН, согласно которому в большинстве мест зоны отчуждения отныне можно было находиться без особого вреда для организма.

Несмотря на то, что в Чернобыльской зоне есть радиационно-опасные места, туристических маршрутов это не касается. Сейчас радиационный фон там относительно невелик — в среднем около

100-200 мкР/ч. Действительно, 100-200 мкР/ч — не опасный для человека фон. Для сравнения — в пассажирском самолете на обычной высоте полета 9000-11 000 метров из-за солнечного излучения фон составляет 200-250 мкР/ч. Все это, разумеется, при соблюдений правил, которые в Зоне строгие: нельзя курить, нельзя есть на открытом воздухе, нельзя прикасаться к сооружениям и растениям, нельзя садиться на землю или ставить на нее любые предметы — будь то рюкзак или камера. И увезти с собой листочек с дерева тоже нельзя. Так что туристы стоят в очередях в сувенирных магазинах: за магнитиками, кружками, футболками и бейсболками (от 3 до 25 долларов за вещь).

Требования правил радиационной безопасности четко регламентируют, как одеваться на столь экзотическую экскурсию. Все участники должны быть в закрытой, облегающей все тело одежде, обязательно брюки, рубашки с длинным рукавом и ботинки или кроссовки на толстой подошве — никаких платьев и босоножек, ни при каких обстоятельствах. Также говорят, что имеет смысл одеваться в те вещи, с которыми не жалко будет попрощаться. Всю одежду выезжающих из зоны проверяют на уровень радиации — и ту, что не прошла контроль из-за высокого уровня загрязнения, изымают.

Визит в зону для всех посетителей начинается с КПП «Дитятки» - единственного официального въезда в зону, куда подаются списки на пропуск людей и транспорта.

Как правило, в программу пребывания входит экскурсия по Чернобылю — город находится на пути к ЧАЭС, экскурсия в расположенный рядом «Смотровой павильон» — небольшой музей, посвященный катастрофе и её ликвидации, посещение города Припять, зловещее «чертовое колесо», заброшенные детский сад и школа, стадион и кинотеатр «Прометей», больница и пункт милиции, при-

стань с затопленным причалом, первый штаб ликвидации последствий аварии и отель «Полісся», где был наблюдательный пункт корректировки вертолетных операций. И самое интересное — сама Чернобыльская АЭС, мемориал рядом с ней и Саркофаг — так называют сооружение над разрушенным реактором, которое возвели в 1986-м, сразу же после трагедии, для того чтобы надежно изолировать смертоносное излучение. Тех, кто едет для того чтобы сфотографировать ту самую АЭС, может ждать разочарование: делать это нельзя, запрет связан с международным законом об охране ядерных объектов.

В территории ЧАЭС есть две столовые для персонала — «Припять» и «Сказка» и одна для иностранцев — «Десятка», две гостиницы, отдел милиции, прокуратура, почта, часть МЧС, православная Свято-Ильининская церковь, дом культуры, административные и научные учреждения. Возле небольшого одноэтажного здания явно полувековой постройки стоит щит, рекламирующий услуги физкультурно-оздоровительного центра «Досуг», в котором имеются женский и мужской тренажерные залы, а также игровой зал.

В любую столовую вход осуществляется через турникеты автоматического дозиметрического контроля. Такие же турникеты стоят на железнодорожном вокзале станции Семиходы, откуда в Славутич ходит электричка.

К ЧАЭС ведет двухполосная дорога, но выглядит она непривычно широкой из-за заасфальтированных обочин. Это сделано, чтобы транспорт не поднимал пыль.

В Беларуси Чернобыльская зона, на территории которой расположен Полесский радиационно-экологический заповедник, делится на зону отселения и зону отчуждения. В зоне отселения разрешена ограниченная деятельность человека. Как правило, она заключается в том, что сотрудники заповедника высаживают леса для уменьшения ветровой эрозии почвы, когда с пылью разносятся радионуклиды. В зоне отчуждения по причине высокого уровня радиации деятельность человека не ведётся.

### **Заключение**

Стоимость однодневного группового тура составляет 200 белорусских рублей. Также в день поездки понадобится 10 долларов на оплату страховки и других расходов, связанных с организацией

экскурсии.

Индивидуальный тур на вашем авто стоит 700 рублей за двоих, 800 за троих, 900 за четверых.

Возможна поездка только для вашей компании на арендуемом микроавтобусе, стоимость ориентировочно от 250 белорусских рублей. Оптимально для компании 4-6 человек.

Стоимость двухдневной экскурсии - 450 рублей. В стоимость входит полностью всё, с обедами и гостиницей.

Из прошедшей эпохи в Чернобыле остались школьные учебники с картами СССР, цитатами Ленина и разъяснениями о преимуществе социализма. На улицах — телефонные будки и автоматы газированной воды. В здании Дворца культуры по-прежнему лежат портреты членов Политбюро, которые готовились нести на первомайской демонстрации.

Всё ценное в Припяти давно разграбили, но здесь по-прежнему осталось много интересного.

### **Литература**

1. Новости Республики Беларусь «Naviny.by»: познавательный туризм. Чернобыльская зона. Украинский сегмент [Электронный ресурс].
2. Туристическое агентство «Припять тур» [Электронный ресурс].
3. Интернет энциклопедия «Википедия»: туризм в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС [Электронный ресурс].

## **ОБСТАНОВКА ПО ЯДЕРНОМУ ОРУЖИЮ В МИРЕ**

**Козловская Ю. И., Поддубная А. Г., Смирнова Е. С.**

Научный руководитель – Анисимов Ю. В.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** В данной работе проведен краткий экскурс по основным аспектам понятия ядерного оружия, приведены и проанализированы цифры по его содержанию в мире на данный момент, представлены прогнозы.

### **Введение**

Ядерным (или атомным) оружием называют весь ядерный арсенал, его транспортировочные средства и аппаратное управление. Ядерное оружие относят к классу оружия для массового поражения. Принцип взрывного действия оружия основывается на применении свойств ядерной энергии, которая высвобождается из-за ядерных или термоядерных реакций.

Существующее в мире ядерное оружие подразделяется на:

- атомное: взрывное устройство однофазного типа, выход энергии в котором происходит при делении тяжелых ядер плутония или <sup>235</sup>урана;
- термоядерное (водородное).

Причина создания атомного оружия проста: господство в мире, устрашение и уничтожение врагов. Во время Второй мировой войны разработки и научные исследования велись в Германии, СССР и США: три крупнейшие и могущественные страны, принимавшие участие в войне, стремились добиться победы любой ценой. Во время Второй мировой войны это оружие не стало ключевым фактором победы, но применение его продолжилось.

### **1. Страны-владелицы ядерного оружия**

Группа стран, владеющих на сегодняшний день ядерным оружи-

ем, условно называются «Ядерным клубом». Статус «старых» ядерных держав (Россия, США, Великобритания, Франция и Китай), в качестве единственных «легитимных» членов Ядерного клуба, на международно-правовом уровне следует из положений Договора о нераспространении ядерного оружия 1968 г.

Разработкой, созданием и испытанием ядерного оружия занимались как легитимные, так и нелегитимные державы. Данные приведены в следующей таблице.

Таблица 1. – Испытание ядерного оружия

Страна	Дата испытания ядерного устройства	Мощность ядерного взрыва, кт	Дата испытания термоядерного оружия
США	16 июня 1945 г.	20	1 ноября 1952 г.
Россия	29 августа 1949 г.	22	12 августа 1953 г.
Великобритания	3 октября 1952 г.	≈25 (надводный)	15 мая 1957 г.
Франция	13 февраля 1960 г.	20	24 августа 1968 г.
Китай	16 октября 1964 г.	20	17 июня 1967 г.
Индия	18 мая 1974 г.	20	11-13 мая 1998 г.
Пакистан	28, 30 мая 1998 г.	6 зарядов	-
КНДР	9 октября 2006 г. 25 мая 2009 г.	1 12	-

## 2. Материалы, использующиеся для создания ядерного оружия

Материалы, способные выдержать цепную реакцию взрывного деления, необходимы для всех типов ядерных взрывных устройств – от первого поколения ядерного оружия до современного термоядерного оружия. Наиболее распространенными из этих материалов являются высокообогащенный уран (ВОУ) и плутоний. Для своего ядерного оружия, Китай, Франция, Россия, Великобритания и США произвели как ВОУ, так и плутоний; Индия, Израиль и Северная Корея производили главным образом плутоний; Пакистан отходит от производства оружия из ВОУ в основном к оружию на основе плутония. Все государства с гражданским ядерным обогащением или перерабатывающей промышленностью способны производить расщепляющиеся материалы для оружия.

### 3. Содержание ядерного оружия

Понимая и осознавая опасности наличия таких средств уничтожения, как ядерное оружие, власти множества стран принимают различные меры для снижения количества этого вооружения и гарантий его неприменения. Так, США и Россия добровольно снизили количество ядерного оружия.

В следующей таблице приведены итоговые данные по содержанию ядерного оружия (боеголовок активного и пассивного резервов) за период с 1947 по 2016 гг.

Таблица 2. – Содержание ядерного оружия

	1947	1957	1967	1977	1987	1989	2010	2016
Итого:	32	7124	39925	50000	63484	22223	20850	15395

В начале 2016 года девять государств – США, Россия, Соединенное Королевство, Франция, Китай, Индия, Пакистан, Израиль и Северная Корея – располагали примерно 4,120 оперативно развернутыми ядерными вооружениями. Если подсчитать все ядерные боеголовки, то в этих государствах в общей сложности было около 15,395 единиц ядерного оружия по сравнению с 15,850 в начале 2015 года.

Количество ядерного оружия начинает снижаться после 1987 года, что объясняется заключением между СССР и США Договора о ликвидации ракет средней и меньшей дальности. По сути, это был первый реальный шаг в области ядерного разоружения. СССР ликвидировал к 1991г. 1846 ракет и 825 пусковых установок (ПУ). США ликвидировали 846 ракет и 318 ПУ. Были также ликвидированы связанные с ракетами вспомогательные сооружения и оборудование, районы развертывания, ракетные операционные базы и комплексы. Сегодня считается, что ракет средней и меньшей дальности на вооружении России и США не имеется [2].

«Несмотря на продолжающееся сокращение количества вооружений, перспективы реального прогресса в направлении ядерного разоружения остаются мрачными», – комментирует глава проекта по ядерному оружию SIPRI. «Все государства, обладающие ядерным оружием, продолжают уделять первостепенное внимание ядерному сдерживанию как краеугольному камню своих стратегий

национальной безопасности» [3].

### **Заключение**

Проведя данное исследование, нами были сделаны следующие выводы:

1) наиболее активно на протяжении рассмотренного периода изменения в количестве и содержании ядерного оружия происходили в США, России, Великобритании, Франции и Китае являющимися так называемой ядерной пятеркой;

2) в 1987 между СССР и США был заключен Договор о ликвидации ракет средней и меньшей дальности, в ходе выполнения, которого были безвозвратно уничтожены ракетные средства наземного базирования и пусковые установки для ракет указанной дальности;

3) странам, владеющим ядерным оружием, надо с особой осторожностью владеть им, ведь от их решения зависят судьбы миллионов людей, так как это оружие обладает большой проникающей способностью даже на значительном расстоянии от эпицентра взрыва и в укрытиях.

### **Литература**

1. Сетевое издание «РИА новости» по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ria.ru/infografika/20160829/1475498691.html>. – Дата доступа: 30.03.2017.
2. Центр по изучению проблем разоружения, энергетики и экологии при МФТИ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.armscontrol.ru/course/lectures04b/gkh040916.htm>. – Дата доступа: 3.04.2017.
3. Stockholm International Peace Research Institute [Electronic resource]. Mode of access: <https://www.sipri.org/media/press-release/2016/global-nuclear-weapons-downsizing-modernizing>. – Date of access: 1.04.2017.

## **ПУТИ И СПОСОБЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НОРМАЛЬНОЙ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ НА ЗАГРЯЗНЁННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ ТЕРРИТОРИЯХ РБ**

**Панасовец А. И.**

Научный руководитель – Ерохина Ю. А.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** В статье рассмотрены основные методы восстановления нормальной радиационной обстановки на загрязнённой территории.

### **Введение**

В результате аварии на Чернобыльской АЭС произошло радиоактивное загрязнение территории Европы на площади около 200 тыс. км. кв. В Беларуси, России и Украине загрязнение почвы Cs 137-ым свыше 1 Ки/км.кв. наблюдается на площади 140 тыс.км.кв. Значительная часть загрязнённых лесов и высокоурожайных с/х земель, расположенных в районах с высокой численностью населения и традиционно интенсивным ведением хозяйства. Не менее серьёзна проблема радиоактивного загрязнения территорий городов и населённых пунктов, пострадавших в результате деятельности предприятий и испытательных объектов оборонной и атомной промышленности.

На загрязнённых территориях необходимо проводить мероприятия по восстановлению состояния природной среды. Полная минимизация радиологического риска достигается при максимальном изменении условий проживания людей, т.е. путем отселения. В существующих социально-экономических условиях отселение может проводиться только из наиболее загрязнённых населённых пунктов. На остальных территориях единственным решением проблемы остается их постепенная "реабилитация".

К настоящему времени разработаны различные способы реабилитации природных объектов, включающие дезактивацию территории, сбор, компактирование, транспортировку, переработку и захо-

ронение радиоактивных отходов. Выбор того или иного подхода и эффективность его применения зависят от целого ряда физических, экологических, экономических и социально-демографических показателей, имеющих как количественное, так и качественное выражение.

Одним из наиболее результативных методов снижения уровня загрязнения территории является дезактивация. В условиях первичного загрязнения радионуклидами целесообразно проводить дезактивацию путем скашивания травы, вместе с которой удаляется от 25 до 37% радиоактивности. При механической дезактивации удаляется верхний загрязненный слой почвы с последующим его захоронением. Дезактивационный эффект глубокой вспашки можно усилить систематическим внесением в пахотный слой почвы минеральных удобрений и засевом многолетними травами с последующим скашиванием и захоронением. Еще один агрохимический способ — известкование кислых почв. При его применении концентрация обменного Sr-90 в почве снижается за счет ее насыщения кальцием.

Однако применение этих и других способов дезактивации на больших площадях требует огромных материальных затрат и с экономической точки зрения практически неосуществимо.

В последние годы одной из организационных защитных мер, применяемых в загрязненных регионах, широкое распространение получила передача земель, выведенных из сельскохозяйственного пользования, в лесной фонд.

Лес — один из основных средообразующих факторов, уникальный природный барьер на пути миграции радионуклидов за пределы загрязненной территории и внутри нее, сырьевая база для различных отраслей промышленности, начало многих замыкающихся на человеке пищевых цепочек.

Однако, аккумулировав значительное количество радионуклидов, замедлив их миграцию в более глубокие слои почвы, лесные экосистемы становятся источником повышенной радиационной опасности для населения загрязненных районов и потребителей лесохозяйственной продукции за пределами зоны загрязнения. Это в значительной мере сокращает возможности использования лесных ресурсов. Кроме того, пострадавшие при радиационных авариях леса на длительный срок полностью утрачивают свое рекреацион-

ное значение. Загрязненные радионуклидами леса нуждаются в особой послеаварийной системе ведения хозяйства, включающей ряд специфических контрмер.

Безусловно, относительно небольшие затраты на единицу производимой продукции (160 \$/га за 80 лет) служат определяющим моментом при принятии решения о залесении сельскохозяйственных земель. Эффективность такого мероприятия еще более возрастает, если учитывать обще экологическую роль лесных экосистем.

Основная цель радиационной реабилитации лесов — постепенное возвращение в хозяйственный оборот загрязненных лесных земель, со всеми природно-ландшафтными элементами и искусственными объектами.

Уровни допустимого вмешательства, стратегия, тактика и интенсивность залесения и последующей деятельности в лесном фонде для каждого структурного уровня определяются на основе системы экспертных оценок, учитывающей экономические, технологические, экологические, медико-биологические и социальные факторы. Например, на основе многочисленных экспериментов было выяснено, что в зонах радиоактивного загрязнения лесные культуры следует создавать крупномерным посадочным материалом, желательно с закрытой корневой системой.

Наиболее радикальным способом улучшения условий труда и получения радиационно-чистой продукции является разработка и применение комплексной малолюдной радиационно-защитной технологии, включающей дезактивацию лесокультурной площади, посадку леса, уход за лесом, различные виды рубок, дезактивацию лесосеки, окашивание, деревопереработку, утилизацию и захоронение радиоактивных отходов.

Имеющаяся у лесоводов практика занесения песков, откосов, отвалов и других рекультивируемых земель, разработанные в стране методы интенсивного лесовыращивания позволяют считать задачу облесения дезактивируемых площадей принципиально выполнимой.

По оценкам экспертов, посадка леса и последующее использование лесных ресурсов позволяют улучшить экологическую обстановку на загрязненной территории, сократить минимум в два раза сроки реабилитации земель, получить товарную древесину и другую продукцию леса.

Следующим методом снижения уровня загрязнения территорий является заповедывание или создание "радиационных заповедников" на загрязненных территориях. На территориях, плотность загрязнения которых значительно превосходит установленные нормы, а дезактивация является экономически неоправданной, возможно создание "радиационных заповедников". Подобные территории могут служить базой для проведения натурных экспериментальных исследований и получения уникального научного материала, связанного с воздействием высоких доз радиации на экосистемы. В свою очередь, такие данные являются основой для дальнейшего углубления понимания процессов влияния радиоактивного излучения на человека.

### **Заключение**

В зависимости от уровня радиоактивного загрязнения территории, а также от экологических, экономических и социальных показателей могут применяться различные методы ее реабилитации.

Каждый из вышеперечисленных способов имеет свои преимущества и недостатки. Однако применение того или иного из них в конкретной ситуации позволяет практически осуществить три главных принципа радиационной защиты: обоснованность, оптимальность и допустимость.

### **Литература**

1. Коваленко, А. П. Чернобыль сегодня и завтра / А. П. Коваленко, А. А. Карасюк — Киев: Знание, 1988. — 48 с.
2. Пастернак, П. С., Подкур, П. П., Кучма, Н. Д. Роль леса в предотвращении миграции радионуклидов с загрязненных территорий // Биологические и радиоэкологические аспекты последствий аварии на Чернобыльской АЭС. — Москва: 1990.
3. Бударков, В. А. Радио-биологический справочник / В. А. Бударков, В. А. Киршин. — Минск, 1992. — 336 с.