

Министерство образования Республики Беларусь  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

---

Строительный факультет

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ГЕОТЕХНИКИ, ЭКОЛОГИИ И ЗАЩИТЫ  
НАСЕЛЕНИЯ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Материалы 67-й студенческой  
научно-технической конференции

Секция  
«Геотехника и экология в строительстве»

6 мая 2011 года

Минск  
БНТУ  
2011

УДК 624+69:628.5(06)

ББК 38я43

А 43

**Редакционная коллегия:**

**М.И. Никитенко** – д-р техн. наук, профессор,

зав. кафедрой «Геотехника и экология в строительстве»;

**В.А. Сернов** – канд. техн. наук, ст. преподаватель кафедры «Геотехника  
и экология в строительстве»;

**С.В. Игнатов** – магистр техн. наук, ассистент кафедры «Геотехника  
и экология в строительстве»

**Рецензенты:**

**Н.Н. Баранов** – канд. техн. наук,

доцент кафедры «Геотехника и экология в строительстве»;

**В.Н. Кравцов** – канд. техн. наук, преподаватель кафедры «Геотехника  
и экология в строительстве»;

**К.Э. Повколас** – канд. техн. наук, доцент кафедры «Гидротехническое  
и энергетическое строительство»

Сборник содержит материалы 67-й студенческой научно-технической конференции «Актуальные проблемы геотехники, экологии и защиты населения в чрезвычайных ситуациях». В издании освещены материалы пленарного заседания, исследующие проблемы защиты окружающей среды, проектирования и конструирования экономических конструкций нулевого цикла.

Издание предназначено для научно-педагогических работников, студентов, магистров и аспирантов.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b><i>Специан В.С.</i></b> Биосфера на современном этапе ее эволюции.....	5
<b><i>Ковалев В.И.</i></b> Искусственные и природные алмазы.....	7
<b><i>Бриндза П.М., Либак А.Ю.</i></b> Анализ катастрофы 11 марта 2011 года в Японии.....	17
<b><i>Билуха Е.В., Жук И.С., Безына А.П., Знак Н.С.</i></b> Геологическая деятельность болот.....	22
<b><i>Деркач П.Р., Латышевская А.П.</i></b> Стойкие органические загрязнители в окружающей среде Республики Беларусь.....	31
<b><i>Дехтяревич И.А., Иванова А.С., Белявский И.В., Белуха В.В., Кравцова А.С.</i></b> Гейзеры.....	33
<b><i>Колтун Ю.С., Колтун О.С., Пищик Ю., Сметанко Е., Дементьева М.</i></b> Новейшая история землетрясений.....	38
<b><i>Ласица Е.А.</i></b> Сейсмичность территории Беларуси и некоторые строительные аспекты.....	40
<b><i>Рогач В.В.</i></b> Влияние производства земляных работ на здание, расположенное у котлована.....	42
<b><i>Рогатень С.С.</i></b> Содержание радона в строительных материалах.....	50

<b><i>Чарнышевич Е.В., Соломко Н.И., Филипович А.С.</i></b> Прогрессивные технологии глубокого фундаментостроения 2-й половины XX столетия.....	53
<b><i>Хроленков П.А., Шабалина Ю.А.</i></b> Анализ систем безопасности проекта АЭС-2006.....	56
<b><i>Руденко О.А., Шеда Д.А.</i></b> Определение несущей способности оснований при динамическом испытании забивных свай по величине отказов.....	59
<b><i>Таранда А.Г.</i></b> Прогноз несущей способности вибронабивных свай по величине отказов при погружении обсадных труб с закрытыми нижними торцами.....	61
<b><i>Тронда Т.В.</i></b> Опыт применения геомассивов при строительстве многоэтажных зданий на слабых водонасыщенных грунтах.....	68
<b><i>Максимюк М.В.</i></b> Закономерности изменения физико-механических свойств моренных грунтов сожского оледенения в Беларуси по результатам лабораторных исследований и полевого динамического испытания.....	74
<b><i>Адамейко М.А.</i></b> Влияние унификации стержней фермы на параметры оптимальных площадей сечений.....	78
<b><i>Пацкевич С.С., Градобоев Р.А.</i></b> Деформативность армогрунтовых ограждающих сооружений.....	81
<b><i>Саиф Сами Хуссейн Аль-Тамими</i></b> Эффективность применения металлических винтовых свай в грунтовых условиях Республики Беларусь.....	85

## **БИОСФЕРА НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ ЕЁ ЭВОЛЮЦИИ**

Специан В.С.

(Научный руководитель – Колпашников Г.А)

Белорусский национальный технический университет

Промышленная революция окончательно определила антропоцентрическую идеологию во взаимоотношениях человека и природы, в которой человек поставил себя в центр биосферы, отведя ей роль гигантской кладовой, из которой можно неограниченно черпать энергетические и другие ресурсы и складировать в нее нарабатанные отходы. С позиции сохранения глобальной экосистемы такие отношения бесперспективны.

Расчеты показывают, что уже в XXI в. многие виды природных ресурсов на Земле будут исчерпаны, а надежды на то, что дальнейший технологический прогресс и рост экономики откроют новые возможности в решении проблемы сохранения окружающей среды, иллюзорны.

Промышленное развитие, призванное служить экономическому прогрессу, вошло в противоречие с природной средой, поскольку оно перестало учитывать реальные пределы устойчивости биосферы. Под влиянием научно-технического прогресса человек создал ложное представление о познаваемости и управляемости природных процессов.

Несмотря на возросший уровень агротехники, продолжается деградация земель. Самым хищническим образом продолжается уничтожение лесов.

Вся история развития человеческого общества с самого начала промышленной революции основывается на количественном росте населения, производстве, потреблении, качестве жизни. Такой путь развития породил противоположные тенденции: созидательную и разрушительную. Созидательная тенденция проявилась в дальнейшем расцвете цивилизации, развитии науки, искусства, образования. Разрушительная тенденция выразилась в массовой деградации природной среды. Негативные последствия этого процесса подав-

ляют созидательную тенденцию и лишают индустриальное общество перспективы развития.

Переход на устойчивое развитие помимо решения чисто научных задач, связанных с оценкой биологической емкости биосферы, предусматривает выработку общепланетарной экологической политики, которая бы выходила за рамки национальных, религиозных и других интересов народов и стран. Нельзя допустить, чтобы экологизация экономики привела к снижению уровня жизни в развитых странах, а политика консервации и управления природными ресурсами вызвала еще более хищническое уничтожение их в развивающихся странах.

# ИСКУССТВЕННЫЕ И ПРИРОДНЫЕ АЛМАЗЫ

Ковалев В.И.

(Научный руководитель – Костюкович П.Н.)

Белорусский национальный технический университет

## Введение

Алмаз – абсолютно незаменимый материал в самых разных областях человеческой деятельности, начиная от ювелирной и обрабатывающей промышленности и заканчивая электронной и космической. И все это – благодаря его уникальным свойствам: твердости и износостойкости, большой теплопроводности и оптической прозрачности, высокому показателю преломления и сильной дисперсии, химической и радиационной стойкости, а также возможности его легирования электрически и оптически активными примесями. Крупные и особо чистые природные алмазы – большая редкость, поэтому неудивительно, что успешные попытки их производства вызывают огромный интерес.

Алмазы применяются во многих отраслях промышленности как абразивный материал. Дороговизна натуральных алмазов вызывает необходимость производства синтетических камней в промышленных масштабах. Ежегодное производство их составляет несколько миллионов карат. И большая их часть применяется для технологических нужд.



*Рис. 1. Общий вид алмаза*

## **Образование алмазов в природе и история их искусственного получения**

Алмазы образуются в геологически стабильных районах континентов, на глубинах 100-200 километров, где температура достигает 1100-1300 °С, а давление 35-50 килобар. Такие условия способствуют переходу углерода из графита в другую модификацию - алмаз, имеющую плотно упакованную атомами кубическую структуру. Пробыв миллиарды лет на больших глубинах, алмазы выносятся на поверхность кимберлитовой магмой во время вулканических взрывов, образуя при этом коренные месторождения алмазов – кимберлитовые трубки. Первая из таких трубок была обнаружена на юге Африки в провинции Кимберли, по имени этой провинции и стали называть трубки кимберлитовыми, а породу, содержащую драгоценные алмазы – кимберлит. На сегодняшний день по всему миру найдены тысячи кимберлитовых трубок, но только несколько десятков из них являются промышленно алмазоносными, в которых рентабельно проводить добычу.

В настоящее время алмазы добывают из двух типов месторождений: коренных (кимберлитовые и лампроитовые трубки) и вторичных – россыпи. Впервые алмазы были обнаружены в Индии еще до нашей эры в россыпях и разрабатывались на протяжении многих веков. Легендарные копи Голконды дали миру почти все известные с древнейших времен алмазы, такие как «Кохинур», «Шах», «Орлов» и другие.

В 1867 году в Южной Африке на берегу реки Оранжевая был найден первый алмаз, который и изменил ход развития южноафриканского государства и впоследствии многих африканских стран. Найденный кристалл был огранен в бриллиант весом 10.75 карат, получил собственное название «Эврика» и вошел в историю как первенец южноафриканской алмазодобычи. Именно в это время в русле реки впервые была найдена горная порода, содержащая драгоценный материал алмаз, впоследствии названная кимберлит. С этого момента начинается эпоха разработки и поисков коренных алмазных месторождений, связанная с Африкой.



Также ранее алмазы находили в ряде стран: Индия, Бразилия, страны Южной Америки и прочие.

Но со временем объём добычи натурального алмаза стал не удовлетворять запросам промышленности на этот уникальный материал.

16 декабря 1954 года американский химик Трейси Холл, работавший на "Дженерал электрик" получил первые искусственные алмазы. Этот эксперимент был выполнен при давлении 70 000 атмосфер и температуре 1600 °С с использованием графита и троилита (FeS).

Искусственные алмазы были очень мелкие, и говорили, что если бы кто-нибудь чихнул в неподходящий момент, это привело бы к потере всего мирового запаса. При этом стоимость алмазов "Дженерал электрик" была выше, чем природных, хотя уже в 1957 г. искусственные алмазы в виде мелких зерен, используемых для изготовления шлифовальных кругов, стали конкурировать по цене с природными.

В СССР искусственные алмазы были изготовлены в 1960 г. в Институте физики высоких давлений АН СССР, руководимом Л. Ф. Верещагиным, а уже в 1961 г. в Киеве было налажено их промышленное производство. Искусственные алмазы обыкновенной, повышенной и высокой прочности используются в качестве абразивного материала, а также при изготовлении однокристалльного инструмента.

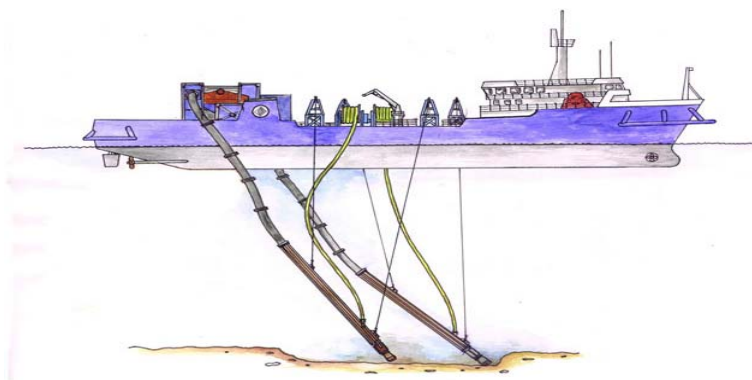
На то время искусственные ювелирные алмазы стоили дороже природных, и их производство было нерентабельно.

### **Методы добычи природных алмазов**

Добыча алмазов – сложный и трудоемкий процесс, требующий значительных финансовых вложений на начальных этапах. В среднем из одной тонны породы добывается около 1 карата алмазов из коренных месторождений и 3-5 из россыпных. С момента начала поисков месторождения до его открытия проходит не один год, а иногда и не одно десятилетие. За это время тысячи людей трудятся на благо будущего открытия. Затем пройдет еще несколько лет, пока будет добыт первый алмаз, за это время необходимо утвердить запасы, подготовить площадь месторождения к разработке, создать ин-

фраструктуру, закупить технику и всевозможное дорогостоящее оборудование, построить обогатительную фабрику, где кристаллы алмазов будут извлечены из породы, и нанять квалифицированных специалистов, обслуживающих все стадии процесса добычи алмазов.

В последнее время человек принимает минимальное участие в процессе алмазодобычи: преимущественно работают специальные машины с электронным управлением. Огромные роботы извлекают породу со дна океана или из глубины карьера, отыскивают в ней драгоценную «начинку» и тут же упаковывают алмазы в специальные контейнеры. Такой метод практикуется в Намибии, где алмазы добываются с океанического дна.



*Рис. 2. Технология добычи алмазов со дна океана*

Если же кимберлитовая трубка уходит далеко под землю, тогда алмазодобывающие корпорации комбинируют открытую (верхнюю) добычу с подземной. Подземный алмазный рудник – это чрезвычайно опасное и сложное производство. Себестоимость извлеченной алмазной породы в этом случае увеличивается в несколько раз, да и подземное оборудование стоит миллионы. С учетом редкости алмазов, многомиллионных затрат на разведку месторождений и огромных финансовых вложений в процесс обработки сырья становится ясно, почему бриллианты столь дороги.

Неплохо зарекомендовал себя метод электромагнитной сепарации. Поскольку алмаз инертен к магнитному излучению, а порода, в которой он заключен, практически всегда имеет ту или иную степень

магнитного притяжения, при определенном магнитном воздействии драгоценные камни великолепно отделяются от прочих веществ.

Все эти способы извлечения алмазов из породы применяются обычно комплексно и поэтапно, однако разные типы алмазных месторождений требуют разных технологических решений.

Также стоит отметить стадию обработки жиром. Дело в том, что алмазы отлично притягиваются к жиру и дают тем самым возможность идентифицировать себя. Впрочем, прилипают к жиру не только алмазы, но и многие тяжелые металлы. Однако в породе их немного, а потому быстро сортируются.

### Способы получения синтетических алмазов

Первым способом получения искусственных алмазов является метод приближенный к естественному возникновению природных алмазов, это сочетание очень высокого давления и высокой температуры.

Ниже приводится одна из лабораторных установок по получению кристаллов алмаза максимально приближенной к предполагаемой природной схеме возникновения алмазов в земной толще - мощное давление, высокая температура.

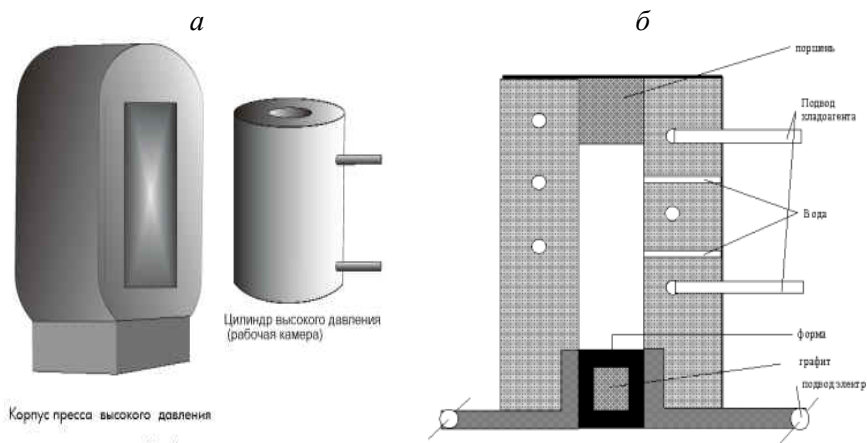


Рис. 3. Технология производства алмазов:  
а – общий вид корпуса высокого давления; б – разрез корпуса)

Технология получения алмаза происходит в несколько этапов.

Вначале, после установки цилиндра в пресс высокого давления, подается вода и происходит процесс предварительного сжатия графита давлением воды, примерно до 2-3 тысячи атмосфер. Вторым этапом подается хладоагент и замораживается вода до температуры минус 12 градусов Цельсия.

При этом происходит дополнительное сжатие графита до 20 тысяч атмосфер за счет расширения льда. На следующем этапе подается мощный импульс электрического тока продолжительностью 0.3 секунды. На заключительном этапе размораживают лед и вынимают алмазы.

Полученные подобным образом алмазы в основном грязного цвета, имеют пористую структуру, форма кристаллов тетраэдрическая и служат для технических целей.

Вторым способом, возможно технологически простым, но сложным по применяемой аппаратуре является способ наращивания кристаллов алмаза в среде метана ( $\text{CH}_4$ ).

Форма кристаллов получаемая подобным способом кубическая, в отличии от природной тетраэдрической, цвет черный, прочность сопоставима с естественными алмазами.

Третьим способом получения алмазов является метод взрыва.

При этом способе получают очень мелкую алмазную пыль для производства заточных камней, абразивов. Применяют или взрыв «обычного» взрывчатого вещества, или взрыв проволоки большим импульсом тока.

Кристаллы получают бесцветные, чистойшей воды, прозрачные, но очень мелкие (30–50 мкрн.). Форма кристаллов тетраэдрическая прочность сопоставима с природными алмазами.

### **Физические свойства**

Алмаз – самое твердое из всех природных веществ. По шкале Мооса относительная твердость алмаза равна 10, абсолютная в 1000 раз превышает твердость кварца и в 150 раз – корунда. Спайность совершенная по октаэдру, что обуславливает хрупкость и несколько ограничивает использование алмаза. Излом раковистый. Плотность чистого алмаза  $3,511 \text{ г/см}^3$ . Блеск сильный, от алмазного

до жирного. Высокий показатель преломления (от 2,417 до 2,421) и сильная дисперсия (0,0574) обуславливают яркий блеск и разноцветную «игру» ограненных ювелирных алмазов, называемых бриллиантами. Алмаз может быть бесцветным и водянопрозрачным или окрашенным в различные оттенки желтого, коричневого, красного, голубого, зеленого, черного, серого цветов. Распределение окраски часто неравномерное, пятнистое или зональное. Под действием рентгеновских, катодных и ультрафиолетовых лучей большинство алмазов начинает светиться (люминесцировать) голубым, зеленым, розовым и др. цветами.

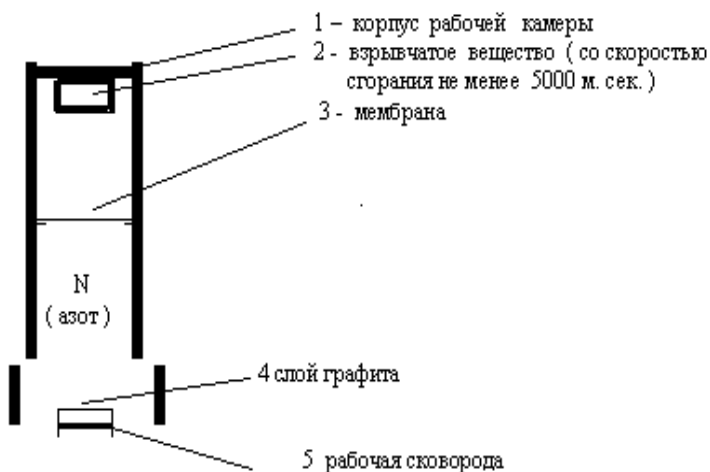


Рис. 4. Технология получения алмазов взрывом

На воздухе алмаз сгорает при  $850^{\circ}\text{C}$  с образованием  $\text{CO}_2$ ; в вакууме при температуре свыше  $1500^{\circ}\text{C}$  переходит в графит. Свойства алмаза резко меняются в зависимости от наличия (тип I) или отсутствия (тип II) примеси азота. Для типа I характерны аномальное двупреломление, низкая фотопроводимость, отсутствие электропроводности, поглощение в инфракрасном (между 8–10 мкм) и ультрафиолетовом (от 3300 Å) диапазонах, высокая теплопроводность. Безазотные алмазы (тип II) практически изотропны, с высо-

кой фотопроводностью, не поглощают инфракрасное излучение и прозрачны в ультрафиолетовом (до 2200 А), обладают чрезвычайно высокой теплопроводностью. Рентгеновская диффракция выявляет в первом типе дополнительные линии, свидетельствующие о «дефектности» кристаллической структуры.

### **Применение технических и искусственных алмазов**

Слово «алмаз» у большинства людей вызывает совершенно определенные ассоциации – это нечто драгоценное, даже недоступное, красивое и блестящее.

В конце 19 века алмазы стали применять не только для создания прекрасных украшений, но и в качестве основного элемента инструментов, предназначенных для обработки, резки и сверления различных материалов, например алмазная резка бетона. Тем более что кроме ювелирных алмазов, обладающих великолепными формами и прозрачностью, добываются также алмазы с некоторыми дефектами, которые не могут быть подвержены огранке. Минералы подобного рода были названы техническими алмазами и стали использоваться в промышленных целях.

Алмазы очень эффективно применяются в строительстве. Преимущества использования данного инструмента очевидны: низкий уровень шума и отсутствие вибраций, разрушающих целостность конструкций; не возникают сложности с пропилом арматуры, закладных деталей и других металлических частей; после резки остаются чистые ровные отверстия, не требующие дополнительной обработки; производительность труда в несколько раз выше, чем от применения старых технологий.

При проведении строительных работ часто приходится пробивать различные отверстия, дверные проемы в твердых материалах. Раньше (и сейчас иногда) для этих целей применялись отбойные молотки, в лучшем случае – сверла из твердых сплавов металла. Это связано с большими физическими усилиями работника и практически всегда чревато образованием трещин в обрабатываемом материале.

Современные инструменты, позволяющие производить алмазное сверление, резку и демонтаж стен, качественно вырезать проем в

несущей стене, а также получение любых отверстий без образования микротрещин.

Алмазный инструмент является незаменимым элементом при выполнении работ в сфере реконструкции, реставрации и переоснащении промышленных и гражданских сооружений, безвибрационной коррекции и демонтаже железобетонных конструкций. Гидротехнические сооружения, мосты, атомные станции, циклотроны, уникальные исторические здания, сложнейшие высотные здания, метрополитен, аэродромы – все это области применения алмазной техники.



*Рис..5 Пример использования алмазов в строительстве при устройстве проемов*

Алмазные инструменты вытачивают рубиновые камни, применяемые в точных механических устройствах. Без алмазов не обходится сейчас бурение скважин в твердых породах и создание мельчайших отверстий (диаметром всего два миллиметра) в различных предметах, в настоящее время существует даже строительная отрасль с названием алмазная резка. Сейчас трудно назвать производство, где бы ни использовались эти твердые помощники человека.

### **Заключение**

Таким образом, технология производства алмазов является высоконаучной отраслью. Успешное развитие технологии производства искусственных алмазов позволило получить сверхчистые мине-

ралы с уникальной структурой, оптическими и электрофизическими свойствами. Их применение дало толчок к развитию других современных высокотехнологичных отраслей, а также к развитию науки, в частности, экспериментальной физики и алмазной электроники. Современные разработки направлены на синтез кристаллов алмаза, превышающих по качественным показателям природные минералы.

В Беларуси стоит выделить такую компанию как "Гомельское ПО "КРИСТАЛЛ".

Это единственное в Республике Беларусь предприятие, специализирующееся на выпуске алмазного инструмента, а также синтетических алмазных порошков и паст для нужд промышленности Республики Беларусь и стран ближнего и дальнего зарубежья.

В данный момент мы импортируем алмазы из других стран. Например, в 2010 году в рамках Кимберлийского процесса Беларусь импортировала 113,7 тыс. каратов природных алмазов, что в 3 раза больше, чем в 2009 году.

Также с недавнего времени ведутся работы по поиску алмазов на территории Беларуси.

В Республике Беларусь необходимо налаживать производство синтетических алмазов, т.к. мы остро нуждаемся в этом. Промышленность развивается быстрыми темпами и нам требуются более современные и совершенные технологии.

### **Список литературы**

1. Епифанов В. И., Песина А. Я., Зыков Л. В. Технология обработки алмазов в бриллианты. М., 1983
2. Мишкевич Г. И. Его величество Алмаз. Л., 1998
3. Орлов Ю. Л. Минералогия алмаза. М., 1989
4. Пыляев М. И. Драгоценные камни, их свойства и употребление. СПб., 1991
5. Шафрановский И. И. Алмазы. М. - Л., 1973.



# АНАЛИЗ КАТАСТРОФЫ 11 МАРТА 2011 ГОДА В ЯПОНИИ

Бриндза П.М., Либак А.Ю.  
(Научный руководитель – Анисимов Ю.В.)  
Белорусский национальный технический университет

## История формирования землетрясения

Землетрясение у восточного побережья острова Хонсю в Японии, также Великое восточно-японское землетрясение — землетрясение магнитудой, по текущим оценкам, от 9,0 до 9,1 произошло 11 марта 2011 года в 14:46 по местному времени. Эпицентр землетрясения был определён в 130 км к востоку от города Сендай на острове Хонсю и в 373 км к северо-востоку от Токио. Гипоцентр наиболее разрушительного подземного толчка находился на глубине 32 км ниже уровня моря в Тихом океане. Землетрясение произошло на расстоянии около 70 км от ближайшей точки побережья Японии.

Наиболее сильному толчку предшествовала серия крупных землетрясений - форшоков, начавшаяся 9 марта с толчка магнитудой 7,2 примерно в 40 км от основного толчка и продолжавшаяся тремя другими толчками в тот же день с магнитудой 6. За минуту до начала землетрясения в Токио система раннего предупреждения, объединяющая около 1000 сейсмографов в Японии, передала по телевидению сообщение о приближающемся землетрясении. Это стало возможным благодаря тому, что сейсмические S-волны распространяются со скоростью 4 км/с, и им потребовалось 90 секунд для преодоления расстояния в 373 км до Токио. И возможно это сохранило большое количество жизней.

После основного толчка магнитудой 9,0 в 14:46 местного времени, последовала серия афтершоков: 7,0 магнитуд в 15:06, 7,4 в 15:15 и 7,2 в 15:26 местного времени. Всего после основного толчка зарегистрировано более четырёхсот афтершоков силой 4,5 и более магнитуд.

Это сильнейшее землетрясение в известной истории Японии. Однако по количеству жертв и масштабу разрушений оно уступает землетрясениям в Японии 1896 и 1923 годов.

## **Причины землетрясения**

Землетрясение произошло в Японском жёлобе — глубоководной океанической впадине, где сталкиваются Тихоокеанская и Охотская литосферные плиты. Более тяжёлая в этом месте океаническая Тихоокеанская плита погружается под материковую Охотскую плиту, над которой располагается часть Евразийского континента и некоторые Японские острова. Для землетрясения такой силы обычно требуется длинная (480 км) и относительно прямая линия разлома. Поскольку контуры плиты и зона субдукции в этой области не такие прямые, то землетрясения в этом регионе, как правило, ожидаются с магнитудой до 8-8,5, и сила этого землетрясения была неожиданностью.

## **Геологические последствия**

Геофизик Росс Штейн сообщил, что землетрясение передвинуло часть северной Японии на 2,4 м в сторону Северной Америки, то есть в направлении к эпицентру землетрясения. Часть северной Японии сделалась «шире, чем она была раньше». Наиболее близкий к эпицентру регион испытал наибольший сдвиг. Штейн также отметил, что 400-километровый участок побережья опустился на 0,6 м, что позволяет цунами распространяться дальше и быстрее вглубь побережья.

## **Цунами**

Землетрясение вызвало сильное цунами, которое произвело массовые разрушения на северных островах японского архипелага. Цунами распространилось по всему Тихому океану; во многих прибрежных странах, в том числе по всему тихоокеанскому побережью Северной и Южной Америк от Аляски до Чили, было объявлено предупреждение и проводилась эвакуация. Однако когда цунами дошло до многих из этих мест, оно вызвало лишь относительно незначительные последствия. На побережье Чили, которое находится

дальше всех от тихоокеанского побережья Японии (около 17 000 км), зафиксированы волны до 2 метров в высоту.

Наибольшие разрушения стихии за пределами Японии были:

- В Эквадоре на Галапагосских островах волна цунами затопила Сан-Кристоваль.
- В Перу в городе Пуэбло Нуэво-де-Колан океан отступил от пляжа на 200 метров, а затем вернулся и с силой разрушил несколько домов на берегу.

Было объявлено предупреждение о цунами для Курильских островов, Тайваня, Филиппин, Папуа – Новой Гвинеи, Индонезии, Гавайских островов, Австралии, Новой Зеландии, Канады и побережья США, в частности штатов Калифорния, Вашингтон, Орегон и Аляска, а также Гуама, Северных Марианских островов, Центральной и Южной Америки.

#### Последствия землетрясения и цунами:

##### ➤ жертвы, пострадавшие

По состоянию на 1 мая официальное число погибших в результате землетрясения и цунами в 12 префектурах Японии составляет 14 704 человека, 10 969 человек числятся пропавшими без вести в 6 префектурах, 5278 человека ранены в 20 префектурах. Тысячи спасшихся находятся в местах, отрезанных от связи с миром. Примерно 530 000 человек остаются более чем в 2600 временных укрытиях

##### ➤ затопление

Наиболее пострадавшие города:

Рикудзентаката – около 5 тысяч домов ушли под воду.

Минамисанрику – пропали без вести 9,5 тысяч жителей.

Сендай – вода затопила территорию на расстоянии 10 км от морского побережья.

##### ➤ пожары

Отмечены пожары в шести различных префектурах.

В городе Итихара префектуры Тиба горят хранилища с природным газом на нефтеперерабатывающем заводе.

В городе Сендай на нефтехимическом комплексе произошел большой взрыв.

➤ аварии на японских АЭС

В результате землетрясения 11 энергоблоков из 53 существующих в Японии были автоматически остановлены.

АЭС Фукусима I: Три из шести энергоблоков были сразу остановлены, другие три не работали. Три работавших реактора находятся в аварийном состоянии из-за отказа системы охлаждения, пострадавшей от стихийного бедствия. Реакторы в разной степени повреждены и являются источниками радиоактивных выбросов. Один неработавший энергоблок повреждён пожаром. На самой АЭС сильное радиоактивное загрязнение. Существуют проблемы с хранилищами отработанного топлива. Население окрестностей эвакуировано. Несколько работников станции получили ранения разной степени тяжести и повышенные дозы облучения. Двое пропали без вести.

АЭС Фукусима II: все 4 энергоблока были остановлены, контроль над реакторами удалось сохранить, несмотря на серьёзные проблемы с системами охлаждения. По состоянию на 16 марта 2011 года станция остановлена полностью и без повреждений реакторов, население окрестностей эвакуировано. Радиоактивный фон повышен. Один работник станции погиб.

➤ транспорт и инфраструктура

- Коммуникации

Нарушена мобильная связь.

Японские телеканалы NHK и TV Токуо прекратили вещание обычных программ с целью освещения сложившейся ситуации.

- Автотрассы

На побережье в префектуре Мияги обрушились волны цунами высотой в 10 метров, а на портовый город Камаиси в префектуре Иватэ — высотой 4 метра, которые смывали автомобили и врезались в здания.

Разрушено много секций автостреды региона Тохоку, обслуживающей север Японии.

Прорыв дамбы в префектуре Фукусима.

- Авиация

Тайваньская авиакомпания EVA Airways отменила авиарейсы в/из Саппоро и Токио на весь март, в/из Сендай(я) до конца июня.

Сендайский аэропорт, расположенный на равнине у побережья, практически смыло волной цунами.

- Коммунальные услуги

Более миллиона домов оказались отключенными от водоснабжения.

- Электроснабжение

Токуо Electric с 14 марта начала плановые отключения электричества, по меньшей мере, до конца апреля в зонах обслуживания в целях предотвращения массового нарушения электроснабжения.

- Железнодорожный транспорт

На весь день 11 марта была остановлена работа Токийского метрополитена.

Поезд, следовавший из Сендая в Исиномаки, за несколько минут до цунами должен был прибыть на станцию Нобиру, но там его так и не дождались — поезд исчез.

- Закрылись все морские порты в Японии.
- экономический ущерб

## **Выводы**

Ущерб от землетрясения в Японии, произошедшего 11 марта, оценивается в 16-25 триллионов иен (198—309 миллиардов долларов). Об этом сообщает японское агентство Kyodo News со ссылкой на подсчеты местного правительства. Оценка чиновников учитывает затраты на восстановление социальной инфраструктуры, жилой недвижимости и заводов.

## **Действия японского правительства**

Правительство Японии объявило о готовности принять иностранную помощь. Власти Японии обратились к России с просьбой увеличить поставки энергетического сырья — угля и сжиженного газа. Японии потребовались увеличенные объёмы топлива в связи с критической ситуацией с энергоснабжением в стране, возникшей из-за землетрясения, цунами и аварии на АЭС «Фукусима-1». Правительство страны намерено удвоить силы, брошенные на спасательную операцию, до 100 тыс. человек.

## ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ БОЛОТ

Билуха Е.В., Жук И.С., Безына А.П., Знак Н.С.

(Научный руководитель – Уласик Т.М.)

Белорусский национальный технический университет

### **Болота. Общие сведения и классификация**

Болотами называются участки суши, характеризующиеся избыточным увлажнением почвогрунтов, развитием болотной растительности и накоплением торфа. Процесс образования болот проявляется на различных элементах рельефа, где создаются условия для избыточного увлажнения почвы. По ряду признаков различают болота приморских низин и внутриконтинентальные болота. В свою очередь внутриконтинентальные болота подразделяют на низинные болота грунтового питания и верховые болота атмосферного питания. Болота, имеющие признаки как верховых, так и низинных, выделяют в самостоятельный тип — промежуточные болота.

Низинные болота чаще всего образуются на месте открытых озерных водоемов вследствие заполнения их осадками и зарастания донной растительностью. На дне обмелевшего озера поселяется богатая флора высших растений, зонально распределяющаяся в зависимости от глубины водного покрова. Непосредственно у берега произрастают осоки, глубже — рогозы. С глубины 2 м поднимаются над поверхностью воды тростники, далее вглубь следует зона камышей. В открытой части водоема селятся водоросли. В осеннюю пору растительность отмирает, ложится на дно водоема и входит в состав осадка, образуя торф, постепенно заполняющий озерный водоем и превращающий его в болото.

Впоследствии накопление торфа продолжается уже за счет осок, мхов, древесной и кустарниковой растительности, заселяющей болото и находящей для себя достаточно питательных минеральных веществ, поставляемых грунтовыми водами, высачивающимися из основания окружающих склонов. Наиболее типичен следующий разрез отложений, слагающих подобное низинное болото: в основании располагаются минеральные озерные слои (пески, глины, диатомиты и др.), выше следуют сапропели и сапроколлы (гиттии), да-

лее последовательно идут слои тростникового, камышевого, осокового и мохового или лесного торфа, состоящего в значительной части из древесных остатков.

Верховые болота располагаются на возвышенных местах и образуются путем заболачивания лугов и лесов на равнинных междуречьях и пологих склонах. Эти болота характерны для областей с умеренно-прохладным климатом, где количество выпадающих осадков больше, чем испарение. Они образуются в местах, где очень близко к поверхности залегают грунтовые воды, или верховодка, задерживающиеся на водоупорных прослоях. Питание таких болот происходит в основном за счет атмосферных осадков; насыщающая их вода крайне бедна минеральными веществами, что препятствует произрастанию на этих болотах большинства высших растений. Поэтому здесь селятся почти исключительно крайне нетребовательные мхи — зеленые (гипновые) и в особенности белые, или сфагновые.

Из года в год сфагновые мхи нарастают, образуя толщи мощностью 6 ж и более. Толща мха особенно велика в центре болота, поэтому поверхность его приобретает выпуклую форму.

На поверхности верховых болот, кроме мхов, произрастают только очень немногочисленные древесные формы — карликовая болотная сосна, некоторые кустарники и полукустарники. Распространены верховые болота на севере лесной зоны и в области тундры Европы и Азии.

Приморские болота распространены на многих низменных морских побережьях с влажным климатом. Но наибольшее значение в накоплении органических отложений имеют приморские болота субтропиков и тропиков, особенно болота мангровых лесов (мангры) тропической зоны. Деревья мангров приспособились к укоренению прямо на дне мелководной прибрежной полосы моря, заливаемой водой во время прилива. Специальные «дыхательные» корни, поднимающиеся над уровнем воды и доставляющие кислород к корневой системе, предохраняют ее от загнивания, а многочисленные придаточные корни, спускающиеся с ветвей в виде подпорок, делают эти деревья устойчивыми. Под их пологом развивается и другая растительность, отмершие остатки которой вместе со

стволами, ветвями и корнями погибших деревьев дают начало органическим отложениям, часто имеющим очень большую мощность.

### **Геологическая деятельность болот**

Болота Беларуси – природные территории, обеспечивающие сохранение уникального для Европы биологического разнообразия, поддержание положительного углеродного баланса, смягчение температурных, гидрологических и других климатических аномалий. Естественные болота выполняют в природе ряд незаменимых биосферных функций, которые не могут осуществлять другие экосистемы. Именно благодаря их наличию Беларусь до настоящего времени обладает полноводными реками и достаточными запасами подземных вод. Торфяная залежь естественных болот способна удерживать гигантские объемы пресной воды. Благодаря этому в засушливый период топи способны длительное время поддерживать уровень грунтовых вод на прилегающих суходолах. Влажная среда болотных экосистем медленно нагревается и отдает тепло, стабилизируя микроклимат территории.

Белорусские болота приобрели международную известность, как легкие Европы: они поглощают из атмосферы диоксид углерода и высвобождают кислород. Благодаря процессу торфообразования болота являются единственной экосистемой, способной выводить углекислый газ из атмосферы на длительный срок. Но стоит осушить болото и это приводит к негативным последствиям: снижается уровень грунтовых вод, возникают пыльные бури, исчезают болотные растения и животные, перестает образовываться торф, сразу начинает выделяться в окружающую среду огромный объем накопленной за тысячелетия углекислоты, стимулируя парниковый эффект. Поэтому осушения болот и использования под посевы сельскохозяйственных культур не всегда оправдано.

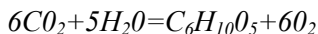
Геологическая деятельность болот состоит практически исключительно в аккумуляции отложений. Среди болотных отложений существенно преобладают органогенные, которые представлены торфом. Торф – первая стадия превращения древесины в каменный уголь. В меньших объемах происходит отложение хемогенных осадков – болотной извести и болотной железной руды. Изучение осадконакопления в озерах и болотах позволяет восстанавливать



природные условия прошлых геологических эпох и имеет большое практическое значение.

### Образование торфа и угля

Органические остатки (главным образом остатки растений) в болотах постепенно превращаются в торф, из которого в дальнейшем образуется каменный уголь. Главным источником накопления торфа и угля служит растительная клетчатка, образующаяся за счет крахмала, синтезируемого зелеными растениями. Эти растения поглощают углекислоту из воздуха и разлагают ее на углерод и кислород при помощи хлорофилла под действием солнечных лучей. Кислород при этом выделяется растениями обратно в атмосферу, а углерод накапливается в их тканях, входя в состав крахмала. Этот процесс можно представить в виде уравнения:



Крахмал является тем соединением, из которого в дальнейшем в растительном организме создаются все более сложные органические вещества.

Реакции фотосинтеза протекают с поглощением огромного количества тепла. Таким образом, растения аккумулируют в себе солнечную энергию.

В условиях медленного окисления растительных остатков на поверхности земли при свободном доступе кислорода происходит тот же процесс разложения органического вещества с выделением тепловой энергии, что и при сжигании растительных остатков, только он растягивается на длительное время. Это замедленное горение называется тлением. Процессы тления и сгорания приводят к полному уничтожению органического вещества. В виде остатка — золы сохраняются только минеральные примеси.

Для превращения растительных остатков в торф и уголь необходимы особые условия, препятствующие их полному окислению. Такие условия и наблюдаются при быстром погребении отмерших растений под накапливающимися осадками или на дне стоячих водоемов. В этом случае доступ кислорода воздуха становится невоз-

можным, в безвоздушной среде разложение клетчатки происходит крайне медленно, в основном при активном участии микроорганизмов (бактерий и грибов). В верхних слоях, куда воздух еще имеет доступ, хотя и ограниченный, происходит частичное преобразование растительного материала в перегной, или гумус.

В случае, когда перегнивающая растительная масса попадает в условия полного отсутствия кислорода, процесс ее изменения в основном сводится к обугливанию, т. е. к постепенному выделению свободного углерода, который вместе с гумусом окрашивает растительную массу в бурый цвет. Так возникает торф.

Образование торфа является первой стадией углеобразования. В дальнейшем под воздействием давления отлагающихся поверх слоев торфа толщ горных пород и под влиянием повышенной температуры сначала образуется бурый уголь, а затем каменный, причем содержание свободного углерода все увеличивается, а сложных органических веществ, в состав которых входят наряду с углеродом также кислород, водород, азот и другие элементы, становится все меньше и меньше. Крайней стадией этого процесса является образование антрацита — наиболее богатого углеродом каменного угля.

В геологическом прошлом образование торфов и каменных углей в болотах шло в крупных масштабах, начиная с того времени, когда появилась на Земле достаточно пышная и разнообразная наземная растительность. Большие залежи каменных бурых углей встречаются среди толщ осадочных горных пород всех геологических систем, начиная с девонской. Особенно крупные их запасы известны в отложениях карбона, перми, юры и палеогена.

### **Болота как особо охраняемые природные территории**

Общая площадь особо охраняемых природных территорий в Беларуси составляет 1 723 800 га или 8,3% от территории республики. В систему ООПТ включены следующие экосистемы: 1 085 000 га леса, 406 968 га – болота в естественном состоянии, остальные ООПТ представлены сочетанием различных экосистем.

Общая площадь торфяников в Беларуси составляет 2 396 708 га, из них к 2010 году в естественном состоянии сохранилось только 862 610 га болот (36%). Площадь болот, входящих в состав ООПТ

республиканского значения, составляет 16,9% от площади всех торфяников. Значительная часть из них осушена (901 000 га – для ведения сельского хозяйства, 260 000 га - для лесного хозяйства и около 300 000 га - для добычи торфа).

Предварительный анализ состояния естественных болот показывает, что на более чем 59% от них из-за частичной добычи торфа или влияния примыкающих осушительных систем нарушен гидрологический режим.

Уже на стадии планирования широкомасштабной мелиорации было принято решение о необходимости сохранения ряда крупных болот, имеющих региональное или международное значение для поддержания регионального гидрологического режима, сохранения ландшафтного и биологического разнообразия. В настоящее время в состав охраняемых территорий республиканского и международного значения входят последние крупные болота, выполняющие следующие незаменимые функции:

- болота, являющиеся истоками рек (Дикое, Козьяны, Освейское, Ельня);

- озерно-болотные комплексы, где осушение неминуемо приведет к деградации озер (Освейское, Споровский, Козьяны, Ельня, Выгонощанское);

- болота, являющиеся крупными местами концентрации мигрирующих водно-болотных птиц (Ельня, Освейский, Званец, Ольманские болота). При их осушении под угрозой исчезновения или снижения численности окажется ряд видов птиц (турухтан, гусь-гуменник, серый журавль), для которых эти территории исторически служили местами кормежки и отдыха перед очередными длительными перелетами над агроландшафтами;

- болота, являющиеся важнейшими местами гнездования охраняемых видов. Их осушение приведет к угрозе исчезновения этих видов не только в Беларуси, но и во всем мире (Споровский, Званец, Морочно, Ольманские болота);

- последние неосушенные крупные болота данного типа в регионах (Докудовское, Дулебы).

К началу 21 века в результате освоенности территории сложилась ситуация при которой существование большинства водно-

болотных видов животных и растений, включенных в Красную книгу, полностью зависит от существования системы ООПТ.

Например, основная часть популяций ряда охраняемых видов птиц обитает на болотах, входящих в систему ООПТ: вертлявая камышевка – 95%, большой веретенник – около 80%, большой кроншнеп – 80%, золотистая ржанка – 95%, большой подорлик – 80%, средний кроншнеп – 80%.

Особая значимость топей Беларуси для сохранения глобально значимого биоразнообразия признается мировой общественностью, что выразилось в присвоении ряду охраняемых болот Беларуси высокого международного статуса Рамсарских угодий и территорий, важных для птиц: Освейский, Ельня, Званец, Споровский, Ольманские болота, Простырь, Морочно, Козьяны, Национальный парк «Припятский», Березинский заповедник. Беларусь взяла на себя обязательства по сохранению этих всемирно значимых территорий и глобально угрожаемых видов в рамках международных конвенций: Рамсарская конвенция, Конвенция по мигрирующим видам.

Уже не фантастичной для Беларуси представляется идея торговать чистым воздухом, то есть квотами на выделение CO<sub>2</sub>. Европейские страны торгуют экологической “валютой” с 2005 года. Общая стоимость рынка квот на выбросы CO<sub>2</sub> сегодня оценивается в 118 млрд евро. А средняя цена тонны углекислого газа составляет 14 евро. Согласно оценкам экспертов по вопросам изменения климата, Беларусь может ежегодно продавать квоты на выбросы около 8 млн тонн парниковых газов (112 млн евро ежегодно). Уже сейчас рассматриваются вопросы заключения первых контрактов на продажу квот на выброс CO<sub>2</sub> и создания специального подразделения, координирующего работу в этом направлении. Но в случае, если страна примет решение о дальнейшем массовом осушении естественных болот, этот рынок для Беларуси будет закрыт.

На верховых болотах страны сосредоточены огромные запасы ценной болотной ягоды - клюквы. Местным населением ежегодно только с болота Ельня собирается и сдается в основном перекупщикам клюквы на общую сумму около 1 млн долларов, но эта экономическая значимость болот не используется целенаправленно государством. Необходимо строительство заводов по переработке клюквы непосредственно вблизи болот, что позволит наладить

производство конкурентновыгодной продукции и обеспечить работой значительное число людей. Это позволит получать прибыль от существования естественных болот неограниченно долго по сравнению с добычей торфа.

После осушения этих болот мы оставим потомкам вместо прекрасной белорусской природы деградированные земли и скудные ландшафты с постоянной угрозой опустынивания и торфяных пожаров, сравнимых с пожарами в России в 2010 году.

### **Альтернативные источники энергии**

Важно отметить, что ориентация энергетики республики на местные виды топлива – совершенно правильное и своевременное стратегическое решение. Но выполнение постановления о переходе на местные виды топлива не должно выполняться любой ценой, в том числе путем уничтожения экологически наиболее значимых и всемирно известных болотных экосистем Беларуси, сравнимых по популярности с Беловежской пушей. Приоритетными направлениями здесь должны стать экологически чистые способы получения энергии из возобновляемых источников (древесина, растительная биомасса), а также энергия ветра, солнца, воды и атома. И именно эти новые технологии имеет смысл поддерживать государству. Объемы использования таких источников в мире быстро растут в связи с развитием новых технологий и неограниченностью ресурсов. В настоящее время применение биомассы дает в Китае более 6% потребляемой тепловой энергии, в США – 6,5%, в странах ЕС – 5,7%, в Беларуси – 1,6%. С учетом быстрого развития новых технологий Директивой Евросоюза предусматривается увеличение доли энергии от возобновляемых источников в общем объеме энергопотребления в странах ЕС до 20%, а в отдельных государствах – до 49% (Швеция).

В Беларуси наибольшее значение среди возобновляемых источников энергии могут иметь различные виды топлива, произведенные из древесины и биомассы травянистых растений. В 2010 г. изготовлением топливной щепы в стране были заняты 33 производства суммарной мощностью 511 тыс. т в год. К 2015 г. отраслевой программой развития их число вырастет в 2 раза — более чем до 1

млн т щепы. К 2020 г. объем заготовки всех видов древесного топлива в Беларуси может достигнуть 11 млн м<sup>3</sup>, из которых 60% будут потреблять ТЭЦ.

Однако на отечественном рынке древесного топлива большого оживления не наблюдается. Довольно низок, например, спрос на щепу, из-за чего около 60% мощностей по ее производству фактически не востребовано. Поэтому сейчас производители осуществляют поиск продвижения щепы на зарубежные рынки. Прогресс наращивания использования возобновляемых источников энергии в Беларуси во многом тормозится ориентацией государства на поддержку и развитие добычи торфа (невозобновляемого или медленно возобновляемого источника энергии). Такой уклон на использование торфа приводит к сдерживанию развития производств энергии из возобновляемых источников (древесная щепа, древесные пеллеты и брикеты, пеллеты), и через 20-40 лет, после того как торфяные ресурсы Беларуси иссякнут, страна может оказаться в сложном, технологически отсталом положении.

В настоящее время необходимо часть средств направить на развитие предприятий, в том числе и торфопредприятий, ориентированных на производство различных видов топлива из возобновляемых источников энергии, использование которых только улучшит экологическую обстановку. И эти источники в отличие от торфа не иссякнут никогда.

По мнению многих экономистов и известных экологов, сохранившиеся крупные естественные болота недопустимо использовать для добычи торфа в настоящее относительно благоприятное время еще и потому, что эти торфяные месторождения обеспечивают для страны стратегический запас относительно быстро извлекаемой дешевой энергии на случай экстремальных событий (непредвиденные конфликтные или катастрофические ситуации).

В настоящее время в отличие от большинства развитых стран, уничтоживших первозданные природные ландшафты еще в начале 20-го века и теперь пытающихся их восстановить, вкладывая колоссальные средства, Беларусь находится в выгодном положении, когда она может достичь высокого уровня развития, сохранив при этом для потомков и человечества первозданную белорусскую природу.

## **СТОЙКИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНИТЕЛИ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Деркач П.Р., Латышевская А.П.

(Научный руководитель – Ленкевич Р.И. )

Белорусский национальный технический университет

Стойкие органические загрязнители(СОЗ) – это группа химических элементов, которые обладают токсическими свойствами, трудно поддаются разложению и характеризуются биоаккумуляцией. Химические соединения и смеси этой группы являются мигрирующими. Они переносятся по воздуху и воде, а также осаждаются на большом расстоянии от источника их выброса, накапливаясь в экосистемах. Даже в малых дозах СОЗ могут нарушать нормальные биологические функции, передаваться последующим поколениям и представляют реальную угрозу здоровью человека и окружающей среде. В настоящее время к СОЗ относятся 12 веществ: дихлордифенил-трихлорэтан (ДДТ), алдрин, диэлдрин, эндрин, хлордан, мирекс, токсафен, гептахлор, полихлорированные дифенилы (ПХД), гексахлорбензол (ГХБ), полихлордibenзодоксины (ПХДД), полихлордibenзофураны (ПХДФ). Для борьбы с СОЗ разные страны смогли объединиться и приняли обобщающий документ, получивший впоследствии название Стокгольмской конвенции по СОЗ. Согласно достигнутой договоренности эти химические вещества должны быть запрещены для использования, производство их необходимо прекратить, а все запасы уничтожить. Данный документ ратифицировала и Республика Беларусь. СОЗ делятся на 3 группы. Более подробно остановимся на третьей группе, к которой относятся ПХДД и ПЗДФ, обычно называемые диоксинами и фуранами. Эти вещества никем не производятся и никем не используются, но они постоянно образуются при любых процессах, включающих хлор (например, целлюлозно-бумажное производство), и особенно при высокотемпературных процессах (сжигание мусора, металлургическое производство и т.п.). Диоксины представляют собой трехъядерные ароматические соединения, образованные двумя бензольными кольцами, соединенными двумя атомами кислорода. Неизвестен ни один многоклеточный организм, способный перера-

батывать или оперативно выводить эти чужеродные вещества. Живые организмы накапливают диоксины, причем поглощение или накопление даже очень малого их количества приводит к заболеваниям или смерти. В Беларуси наибольшему воздействию диоксинов подвержены люди, проживающие на территориях с питьевым водоснабжением из поверхностных водоисточников, где обязательным этапом водообработки является дезинфекция воды методом двойного хлорирования. Это города Минск, Гомель, Гродно, Полоцк, Новополоцк. К перечню предприятий, являющихся источниками поступления диоксинов в окружающую среду, следует отнести металлургические производства, связанные с переплавкой лома, железа, меди и других металлов, а также нефтеочистные сооружения. Диоксины сорбируются мелкодисперсной пылью и другими твердыми частицами, которые, в свою очередь, способны к дальнейшему распространению. Также одним из крупнейших поставщиков диоксинов на территории РБ является Светлогорский целлюлозно-картонный комбинат. Их образование происходит при отбеливании целлюлозы хлором или его производными. Диоксины также могут образовываться в грунтах, содержащих хлорированный бензол или фенол. Образование диоксина в таких грунтах имеет место при химическом способе закрепления грунтов защелачиванием. Массивы грунтов закрепленные этим способом, являются реакторами по синтезу диоксина.

На основании полученных в ходе подготовки доклада данных можно сделать вывод, что нельзя отрицать наличие стойких органических загрязнителей в окружающей среде Республики Беларусь. На наш взгляд нашей стране необходимо уделять больше внимания этой проблеме, например информировать население о вреде СОЗ.



# ГЕЙЗЕРЫ

Дехтяревич И.А., Иванова А.С., Белявский И.В.,  
Белуха В.В., Кравцова А.С.

(Научный руководитель – Уласик Т.М.)

Белорусский национальный технический университет

## Введение

Есть на свете удивительные фонтаны, они действуют сами по себе, без участия человека. Вода в них горячая – кипятком. Бьют они прямо из-под земли на десятки метров вверх. Это гейзеры. Согласно общепринятому определению, гейзеры (исл., от *geysa* – хлынуть), источники, периодически выбрасывающие горячую воду и пар. Распространены в областях современной или недавно прекратившейся вулканической деятельности, где происходит интенсивный приток тепла из вулканического очага. Столбы кипящей воды, вырывающиеся из – под земли и достигающие порой 80 метров в высоту, оглушают грохотом и очаровывают густыми клубами пара.

## Действие. Схема образования гейзеров

Гейзеры могут иметь вид небольших усеченных конусов с достаточно крутыми склонами, низких, очень пологих куполов, небольших чашеобразных углублений, котловин, неправильной формы ям и др.; в их дне или стенках находятся выходы трубообразных или щелеобразных каналов – это связано с лавой.

Деятельность гейзера характеризуется периодической повторяемостью покоя, наполнения котловин водой, фонтанирования пароводяной смеси и интенсивных выбросов пара, постепенно сменяющихся спокойным их выделением, прекращением выделения пара и наступлением стадии покоя.

Различают регулярные и нерегулярные гейзеры. У первых продолжительность цикла в целом и его отдельных стадий почти постоянна, у вторых – изменчива, у разных гейзеров продолжительность отдельных стадий измеряется минутами и десятками минут, стадия покоя длится от нескольких минут до нескольких часов или дней.

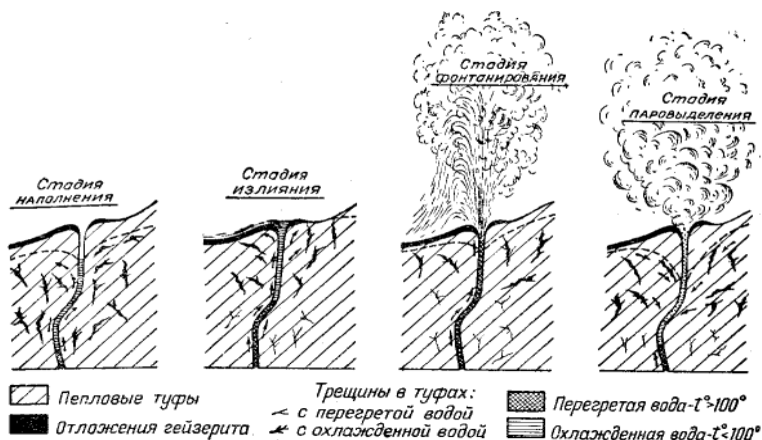


Рис. 1 Образование гейзера

### Химический состав воды

Вода, выбрасываемая гейзером, относительно чистая, слабо минерализованная (1-2 грамма на литр), по химическому составу – хлоридно-натриевая или хлоридно – гидрокарбонатно-натриевая, содержащая относительно много кремнезёма, из которого у выхода канала и на склонах образуется близкая к опалу порода – гейзерит. Главная масса воды гейзера – атмосферного происхождения, возможно, с примесью магматической воды. Деятельность гейзера в целом относительно кратковременна и зависит от ряда условий – уменьшения теплового потока, прекращения у каналов движения подземных вод и других условий.

### Известные гейзеры

Крупные гейзеры на Камчатке были обнаружены в 1942 году в долине реки Гейзерной (Долина Гейзеров), вблизи вулкана Кихпинич. Всего на Камчатке до схода селевого потока 3 июня 2007 года было около 100 гейзеров, из них около 20 – крупных, по величине и силе извержений не уступающих действующим гейзерам Исландии, Йеллоустонского национального парка США и Новой Зеландии.

Самый большой гейзер Камчатки – Великан, выбрасывающий струи воды высотой 40 метров и пара высотой несколько сот метров.

Рассматривая формирование термальных вод с точки зрения вулканолога, Б.И. Пийп делит термы Камчатки на две главные группы.

I группа – источники, связанные с очагами основной магмы, с минерализацией до 7 г/л, хлоридно-натриевые, богатые углекислотой. Отлагают травертины.

II группа – источники, связанные с очагами кислой магмы, с минерализацией менее 1,5 г/л. Отлагают кремнезем.

В 1951 г. В.В. Иванов выделяет на Камчатке три основных типа термальных вод:

1. Фумарольные термы – кислые сульфатные воды, иногда со значительным содержанием аммония или железа и алюминия с углекислотой, метаном и сероводородом в газовой составляющей. Именно эти термы непосредственно связаны с явлениями современного вулканизма, их химический состав определяется поднимающимися из глубины газами. Встречаются они только вблизи современных действующих вулканов.

2. Углекислые термы – хлоридные или хлоридно-гидрокарбонатные натриевые или натриево-кальциевые воды. Они распространены в области современного вулканизма Центральной Камчатки.

3. Щелочные термы: а) азотные слабоминерализованные щелочные термы- формирование их происходит в процессе глубокой циркуляции вод в вулканогенных породах различного возраста; б) хлоридно-натриевые щелочные термы – наиболее высокотемпературные кипящие источники с очень высоким содержанием кремнекислоты, отлагающие гейзериты.

Некоторые особенности камчатских термальных вод – повышенное содержание в них бора, мышьяка и др. – объясняется, по-видимому, выщелачиванием этих элементов из вмещающих пород инфильтрационными атмосферными водами. В свою очередь обогащение этими элементами пород объясняется тем, что породы отлагались в вулканической области и образованы вулканогенным материалом.

В Исландии действует около 30 гейзеров, среди которых выделяется Прыгающая Ведьма (Грилла), извергающий пароводяную смесь на высоту 15 метров приблизительно через каждые 2 часа. На острове также расположены один из самых активных гейзеров мира - Строккур, извергающийся каждые 5-10 минут, и Гейсир (Старый Гейсир), наиболее известный гейзер, давший наименование явлению.

Мощный и самый красивый гейзер Новой Зеландии - Тетарата, который располагался на террасированном холме из розового кремнистого туфа. Исчез во время извержения вулкана Тараверы в 1886 году. Другой новозеландский гейзер - Уаимангу - самый большой и мощный на Земле - действовал нерегулярно с периодом от 5 до 30 часов с 1899 года по 1904 год. Он выбрасывал при каждом извержении около 800 тонн воды, и захваченные струей камни поднимались до высоты 457 метров. Действие гейзера прекратилось вследствие понижения на 11 метров уровня воды в соседнем озере Таравера. Из современных новозеландских гейзеров выделяется Похуту, периодически фонтанирующий на высоту 20 метров. Обычно эти каналы являются своеобразными трубами или щелью. Гейзер функционирует циклически. Состояние покоя сменяется наполнением внутреннего пространства водой, выхода её наружу в виде фонтана и выбросов пара. Фонтанирование постепенно переходит в более спокойное выделение, которое затем прекращается вообще.

Как уже говорилось, само слово «гейзер» пришло во многие языки именно из исландского языка. Но гейзеры находятся и на территории других государств: Японии, Китая.

Основанный Конгрессом США в 1872 году Йеллоустонский национальный парк стал первым национальным парком в стране. Парк занимает почти 900 тыс. га и расположен, в основном, на землях штата Вайоминг.

Всего на территории парка находится более тысячи горячих ключей, которые заставляют стекаться сюда огромное количество туристов. Иногда, особенно в холодное время года, любой горячий источник можно принять за гейзер – над поверхностью воды образуется пар, быстро поднимающийся в воздух, что производит эффект фонтанирующего гейзера.

Если резервуар с водой, подогреваемой близким вулканическим очагом, связан с поверхностью узким каналом и выделяющееся тепло не успевает отводиться через малую площадь поверхности – образуется настоящий гейзер. Это происходит следующим образом - при температуре, близкой к температуре кипения, в резервуаре накапливается все больше пузырьков пара, в какой-то момент их объем достигает критического уровня и тогда пары устремляются вверх, выталкивая перед собой воду.

По своей грандиозности гейзеры Йеллоустона считаются непревзойденными. Колоссальную силу гейзеров трудно вообразить - некоторые из них выбрасывают за один только раз около 5 тысяч тонн воды на высоту до 100 метров. Каждый выброс продолжается несколько секунд, затем столб воды опадает и гейзер затихает до следующего раза.

У каждого гейзера свой строгий период выбросов, по которому можно даже сверять часы, настолько точно действует эта подземная система. Промежуток между извержениями у различных гейзеров может длиться от пары минут до нескольких лет.

На территории парка находится самый высокий в мире действующий гейзер - "Пароход", выбрасывающий столб горячей воды на высоту 122 м.

Чудом Йеллоустонского парка называют и гейзер "Экселсиор", необычный тем, что образуется в центре живописного озера со скалистыми берегами.

Еще одна достопримечательность парка - Мамонтовы горячие источники. Горячие воды, насыщенные различными химическими примесями, на протяжении веков и тысячелетий образовали отложения сложной и разнообразной формы – потеки, ступенчатые террасы, пирамиды и даже что-то вроде сталактитов, которые наводят на мысли о пещере, расположенной на поверхности земли.

Гейзеры давно вызывают восхищение и любопытство людей, которые могли узреть и почувствовать непревзойденную мощь, красоту и величие природы. Даже не побывавший на месте рождения такого зрелища, может ощутить силу извержения потоков воды, которая устремляется в бесконечную высоту, как птица, летящая на солнце.

# НОВЕЙШАЯ ИСТОРИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Колтун Ю.С, Колтун О.С. Пищик Ю, Сметанко Е., Дементьева.М  
(Научный руководитель – Уласик Т.М.)  
Белорусский национальный технический университет

## Введение

Землетрясение – колебания Земли, вызванные внезапными изменениями в состоянии недр планеты. Эти колебания представляют собой упругие волны, распространяющиеся с высокой скоростью в толще горных пород.

Виды землетрясений:

- тектонические землетрясения
- вулканические землетрясения
- техногенные землетрясения

Магнитуда землетрясений обычно определяется по шкале, основанной на записях сейсмографов. Эта шкала известна под названием шкалы магнитуд, или шкалы Рихтера

Интенсивность землетрясении оценивается в баллах при обследовании района по величине вызванных ими разрушений наземных сооружений или деформаций земной поверхности. В США оценка интенсивности обычно проводится по модифицированной 12-балльной шкале Меркалли.

## Последствия землетрясений

Сильные землетрясения оставляют множество следов, особенно в районе эпицентра: наибольшее распространение имеют оползни и осыпи рыхлого грунта и трещины на земной поверхности.

При смещении по разломам происходят повреждения автомобильных и железных дорог, зданий, мостов и прочих инженерных сооружений.

### Самые сильные землетрясения за последние 100 лет:

- туркменское землетрясение 1948 года

- Великое Чилийское Землетрясение
- Великое Аляскинское землетрясение
- Спитакское землетрясение 1988
- Землетрясение в Кобе
- Землетрясение в Баме
- Землетрясение в Индийском океане
- Землетрясение на Гаити 2010 года
- Землетрясение в Японии 2011

### **Прогноз землетрясений**

Предсказание землетрясений состоит из:

- долгосрочного прогноза на десятки лет;
- среднесрочного прогноза на несколько лет;
- краткосрочного на несколько недель или первые месяцы;
- объявление непосредственной сейсмической тревоги;

Глобальная сеть прогнозирования землетрясений (GNFE) создана в 2008 году в рамках Международной программы – Соглашения о сотрудничестве в области прогнозирования землетрясений ICERP (International Cooperation for Earthquake Prediction)

Основной целью GNFE является краткосрочное прогнозирование землетрясений и оперативное оповещение стран входящих в состав Глобальной Сети о прогнозируемых сильных толчках.

Обзор грядущих землетрясений:

- Лос-Анджелес и Сан-Франциско в Калифорнии, 2011
- Западная часть границы между США и Канадой, 2011–2018 гг. 9–9,3 балла
- Токио, 2011–2054 гг. 7 баллов, количество возможных жертв — несколько тысяч человек (прогноз частично сбывся в 2011 г.)
- Северный Тянь-Шань в районе Киргизского хребта к юго-востоку от Бишкека, 2008–2011 гг. 6 баллов
- Индийский океан возле Андаманских островов, 2011–2018 гг. 9–9,3 балла

## СЕЙСМИЧНОСТЬ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ И НЕКОТОРЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ

Ласица Е. А.

(Научный руководитель – Баранов Н.Н.)

Белорусский национальный технический университет

Территория Беларуси расположена на Западе древней Восточно-Европейской платформы. На кристаллическом фундаменте залегает платформенный чехол, почти целиком состоящий из осадочных пород. Мощность земной коры на территории Беларуси составляет, в основном, от 40 до 55 км (для территории Минска – 45 км). Подавляющее большинство осадочных отложений Беларуси накопилось в морских условиях. Последнее море ушло с территории нашей страны 30 млн. лет назад. Основную часть четвертичного покрова слагают моренные и водно-ледниковые отложения, которые являются продуктами деятельности материковых ледников. несколько раз надвигавшихся на территорию Беларуси из Скандинавии.

В целом регион характеризуется относительно слабой сейсмической активностью, однако и в его пределах происходили достаточно сильные сейсмические события с магнитудой  $M = 4,0-5,0$ . Проявления сейсмичности в регионе связывалось с существованием разломов в фундаменте. сейсмические события на Беларуси имели место в исторические времена. последнее ощутимое и наиболее сильное – Ошмянское землетрясение, произошло в 1905 г. (пос. Чудогай, Островецкого района,  $M = 4,5$ ,  $I = 7$ ).

Определенную опасность для г. Минска представляют сейсмические волны от сильных землетрясений, возникающих в Восточных Карпатах на территории Румынии (т. н. транзитные землетрясения). Очаги расположены на расстоянии около 900 км от Минска в 1940 г., 1977 г., 1986 г. Макросейсмический эффект двух последних на территории Беларуси составил 3-5 баллов.

В научном и практическом плане актуален вопрос о природе Солигорских землетрясений. В течение длительного времени, в регионе происходили изменения напряженного состояния геологической среды, вызванные выемкой и перемещением горных пород и их



складированием в соляных отвалах. Можно предположить, что эти землетрясения имеют техногенный характер.

Для оценки сейсмической опасности территории Беларуси принята карта общего сейсмического районирования Северной Евразии ОСР-97-D. Согласно карте территория Беларуси с грунтами второй категории по таблице 1\* СНиП II-7 относится к 5-7 бальной зоне. На сейсмические воздействия рассчитываются высотные здания, возводимые на площадках с сейсмичностью 5 баллов и выше.

Таблица В1 ТКП45-3.02-108-2008 (02250) содержит список населенных пунктов в зонах возможных землетрясений. Максимальная сейсмическая интенсивность в 7 баллов шкалы MSK-64 установлено для Минска и Молодечно, в 6 баллов – для Борисова, Солигорска и др. Интенсивность воздействия определяется сейсмическим коэффициентом  $J=0,025$  для 5 баллов и  $J=0,05$  для 6 баллов.

Согласно шкале сейсмической интенсивности MSK-64 при землетрясении в 7 баллов происходит сильное повреждение зданий. В каркасных железобетонных зданиях, легкие трещины в штукатурке и откалывание ее кусков. В кирпичных зданиях, откалывание довольно больших кусков штукатурки и выпадение отдельных кирпичей, повреждение стен фахверковых построек.

При сейсмическом строительстве необходимо делать все, чтобы избежать концентрации напряжений в какой-то части конструкции. Для этого необходимо:

1. Жесткость и массы в сооружении должны быть распределены равномерно в симметрии, но относительно плоскостей, проходящих через центр тяжести сооружения.

2. Сооружение не должно быть слишком высоким. Заглубление фундамента приспособливает здание для “плавания” в сейсмических волнах, оно меньше раскачивается.

3. Сооружение не должно быть чрезмерно длинным, т. к. его отдельные части будут испытывать действие крутящих моментов.

Исследование прочности кирпичных простенков показывают, что в неармированной кладке, проявляются уже при ускорениях  $0,04g$ , что соответствует интенсивности 6 баллов ( $0,02-0,05g$ ) на средних грунтах. В этих условиях каменное заполнение проемов в каркасных зданиях и кирпичные стены необходимо армировать, что следует предусматривать при проектировании.

# ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ НА ЗДАНИЕ, РАСПОЛОЖЕННОЕ У КОТЛОВАНА

Рогач В.В.

(Научный руководитель – Игнатов С.В.)

Белорусский национальный технический университет

Целью научной работы является наглядное представление поведения фундаментов и каркаса здания при производстве земляных работ и устройстве фундаментов нового здания в непосредственной близости от наружной стены уже существующего здания.

Данная проблематика может быть интерпретирована как новое строительство в условиях стесненной городской застройки, как процесс модернизации производственного здания, связанный с расширением производства, изменением применяемых технологий и (или) технологического оборудования, детальным обследованием фундаментов, вызванным необходимостью проведения реконструкции или капитального ремонта, а также такое моделирование необходимо при изучении поведения конструкций при усилении фундаментов.

Процесс моделирования разбит на два этапа. На первом этапе производится отрывка котлована для устройства фундаментов нового здания, на втором – производится само устройство фундаментов.

Расчет производился из предположения, что нагрузка от нового здания прикладывается достаточно медленно во времени (статическая нагрузка), равными ступенями до расчетного значения.

В качестве одного из возможных способов уменьшения влияния строящегося здания на уже существующее рассмотрим устройство железобетонного шпунтового ограждения между зданиями.

Характеристика здания, расположенного у котлована:

- 1) Многоэтажное бесподвальное здание с продольными несущими стенами;
- 2) Высота здания 9,9 м, ширина в осях 9 м;
- 3) Стены кирпичные толщиной 510 мм;
- 4) Перекрытия сборные из железобетонных многопустотных плит высотой 220 мм;

- 5) Конструкция пола высотой 80 мм;
- 6) Фундаменты ленточные, ширина подошвы 800 мм, высота – 300 мм;
- 7) Глубина заложения фундаментов от уровня планировки – 1,9 м, высота фундамента составляет 2,1 м.

Нагрузки:

- а) на покрытие здания – 10 кПа;
- б) на перекрытия здания – 8 кПа;
- в) на пол на отм. +0.000 – 10 кПа.

Характеристики грунтов оснований для различных типов местности:

⊙ тип местности А - пески средней крупности плотные ( $E=8.5$  МПа,  $\varphi=33^\circ$ ,  $c=3$  кПа);

⊙ тип местности Б - пески средней крупности рыхлые ( $E=5.1$  МПа,  $\varphi=30^\circ$ ,  $c=1$  кПа);

⊙ тип местности В - первый слой - пески средней крупности плотные мощностью 1,0 м от подошвы фундамента ( $E=8.5$  МПа,  $\varphi=33^\circ$ ,  $c=3$  кПа), второй слой - пески средней крупности рыхлые ( $E=5.1$  МПа,  $\varphi=30^\circ$ ,  $c=1$  кПа);

тип местности Г - первый слой - пески средней крупности рыхлые мощностью 1,0 м от подошвы фундамента ( $E=5.1$  МПа,  $\varphi=30^\circ$ ,  $c=1$  кПа), второй слой - пески средней крупности плотные ( $E=8.5$  МПа,  $\varphi=33^\circ$ ,  $c=3$  кПа).

⊙ Насыпной грунт:  $E=3.2$  МПа,  $\varphi=20^\circ$ ,  $c=0.5$  кПа.

⊙ Грунт обратной засыпки:  $E=3.5$  МПа,  $\varphi=25^\circ$ ,  $c=0.1$  кПа.

Характеристика строящегося здания:

Новое здание имеет каркасную конструктивную схему. Фундаменты столбчатого типа, ширина подошвы 2,0 м. Глубина заложения от уровня планировки - 1,9 м. Нагрузка на уровне подошвы фундамента составляет 52,5 кН/м.

⊙ Расстояние между подошвами фундаментов в свету 800 мм.

Рассматривается вопрос о влиянии строительства нового здания вблизи уже существующего на осадку фундаментов и горизонтальные перемещения каркаса "старого" здания.

Моделирование задачи производится в расчетном комплексе Лира 9.6 R2 с использованием конечного элемента типа КЭ 281 – физически нелинейный прямоугольный КЭ плоской задачи (грунт).

Результаты расчета приведены на рис. 1–11.

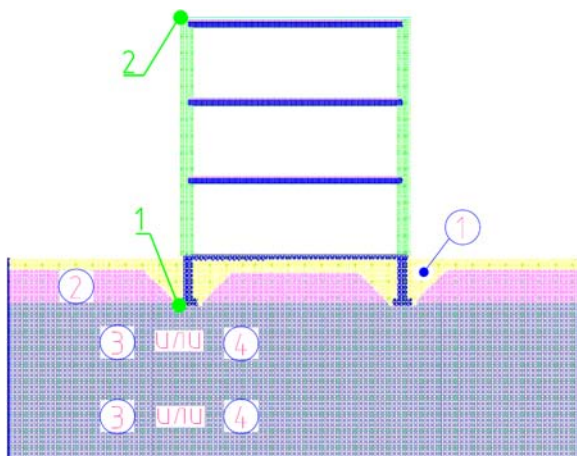


Рис. 1. Расчетная модель

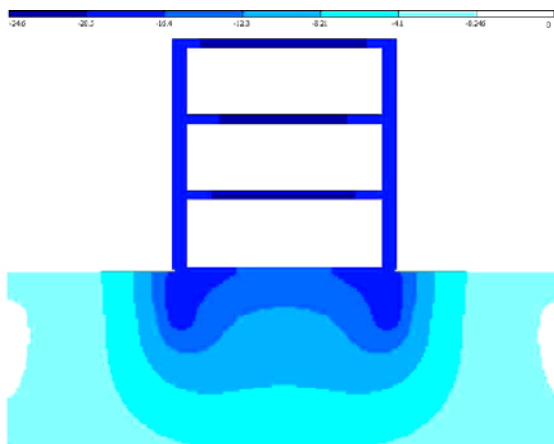


Рис. 2. Мозаика вертикальных перемещений без учета влияния нагрузки от нового здания

## Этап 1: "Отрывка котлована" (графики 1 и 2)

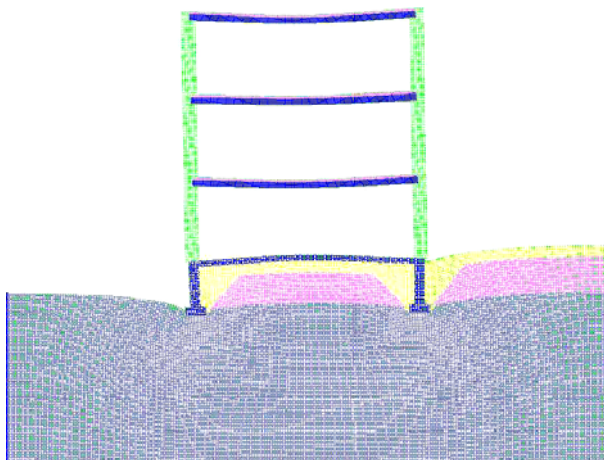


Рис. 3. Деформированная модель

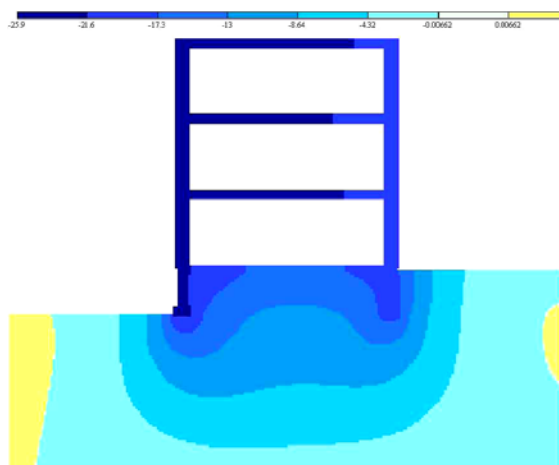


Рис. 4. Мозаика вертикальных перемещений.

Фиксируем изменения перемещений через каждые 0,5 метра до дна котлована (дно котлована совпадает с глубиной заложения фундаментов «старого» здания)

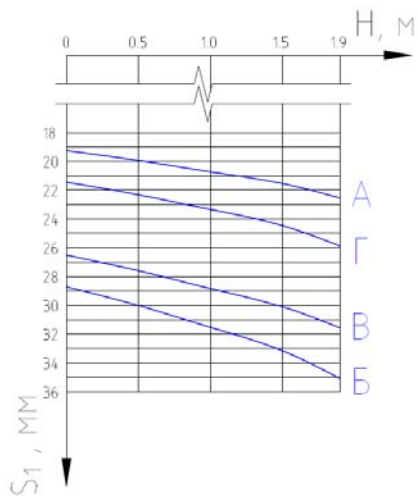


Рис. 5. График 1

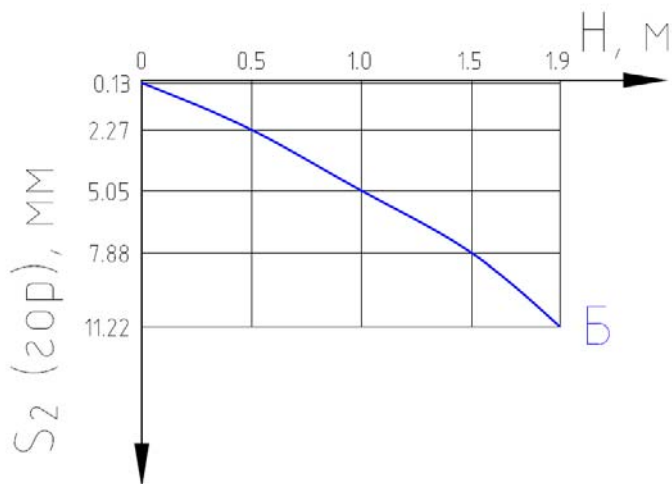


Рис. 6. График 2

(Примечание: предельное значение горизонтального перемещения для данного типа здания составляет 20 мм)

## Этап 2: "Монтаж нового здания" (график 3)

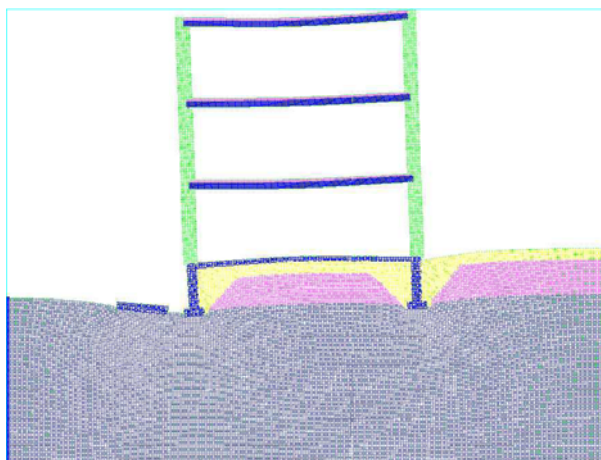


Рис. 7. Деформированная модель

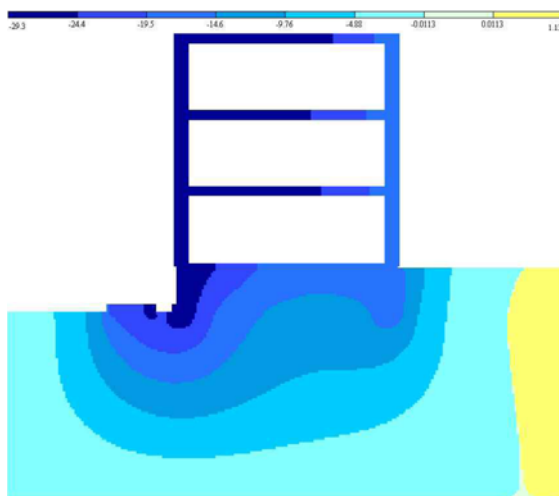


Рис. 8. Мозаика вертикальных перемещений с учетом влияния нагрузки от нового здания

Фиксируем изменения перемещений фундаментов «старого» и нового зданий на стадии монтажа через равные промежутки загрузжений, равные 10,5 кН/м до расчетного значения нагрузки.

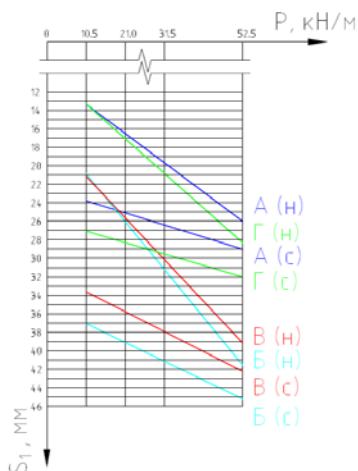


Рис. 9. График 3

Примечание: индекс (н) – осадка фундамента нового здания,  
индекс (с) – осадка фундамента здания, расположенного у котлована.

Рассмотрим устройство шпунтового ограждения как способ уменьшения осадки фундаментов при строительстве нового здания вблизи уже существующего.

Шпунтовую стенку возводим на расстоянии 200 мм от подошвы "старого" здания на глубину 2,5 м от уровня планировки.



Рис. 10. Деформированная модель



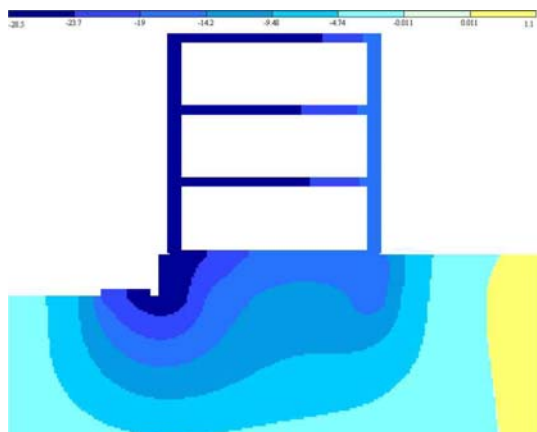


Рис. 11. Мозаика вертикальных перемещений

Сравним полученные перемещения фундаментов нового и «старого» зданий при расчетном значении нагрузки с ранее полученными.

Таблица 1

Вертикальные перемещения, мм				
Тип местности	Наличие шпунтового ограждения			
	-		+	
	Точка 1	Точка 3	Точка 1	Точка 3
А	29.02	26.02	27.27	26.77
Б	45.22	41.56	42.35	42.96
В	42.23	39.17	40.25	40.11
Г	32.01	28.33	29.34	29.44

**Выводы:** отрывка котлована и строительство нового здания приводит к росту деформаций существующих конструкций. Устройство шпунтового ограждения снижает деформации существующего здания и обеспечивает устойчивость грунта против выпора.

## СОДЕРЖАНИЕ РАДОНА В СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ

Рогатень С. С.

(Научный руководитель – Архангельская Т.М.)

Белорусский национальный технический университет

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 на человека. Поскольку население большую часть времени проводит внутри помещений, на дозу от природных источников существенно влияют естественные радионуклиды, содержащиеся в материалах, а также особенности конструкций зданий.

К радионуклидам, присутствие которых в строительных материалах обуславливает радиационный фон в помещениях, относятся уран-238, торий-232 с дочерними продуктами распада и калий-40. Уран-238 и торий-232 служат родоначальниками радиоактивных семейств (рядов):

уран-238 – свинец-206 и торий-232 – свинец-208.

Уран-238 составляет 99,277% общего количества природного урана. По особенностям распада, геохимическим свойствам и периоду полураспада ряд урана распадается на урановую (уран-238, торий-232) и радиевую (от радия-226 до свинца-206) группы.

Продуктом распада радия-226 служит радон-222. Радон относится к благородным газам и химических связей с окружающими элементами не образует. Радон-222 – наиболее весомый по радиационной опасности из всех известных естественных радионуклидов, является невидимым, не имеющим запаха, цвета и вкуса, инертным радиоактивным газом в 7,5 раза тяжелее воздуха. Благодаря относительно большому периоду полураспада (3,82 сут.) происходит выход (эксхалация) части образующегося радона-222 в воздух помещений.

Процесс выделения радона (эксхалация) в воздух помещений состоит из двух этапов. Вначале происходит эманирование радона, т. е. выделение его из кристаллической решетки материала в поры

строительной конструкции. Эманирование обусловлено энергией отдачи, приобретаемой атомами в результате альфа-распада, а также процессами диффузии и адсорбции атомов радона. На втором этапе радон распространяется за счет диффузии в порах и микро-трещинах материала. За время диффузии часть радона распадается, поэтому в воздух помещения попадает только часть свободного радона, находящегося в порах. Количество радона, выделяющегося в поры материала, характеризуют коэффициентом эманирования материала:

$$\eta = A_1/A_2,$$

где  $A_1$  – активность газообразного радона в состоянии радиоактивного равновесия;

$A_2$  – равновесная активность радона в материале в отсутствии эманирования.

Произведение коэффициента эманирования радона на удельную активность радия-226 равно удельной активности свободного радона в материале. Эта величина получила название эффективной удельной активности радия-226.

Эффективная удельная активность радия-226 почти во всех строительных материалах ниже, чем в почвах. Это подчеркивает роль эксхалляции радона из почвы для тех помещений, в которые может беспрепятственно поступать радон из почвы – подвалы и помещения первого этажа с деревянным или глинобитным полом.

На объемную активность радона в воздухе жилых помещений существенно влияет скорость воздухообмена. Причиной высоких объемных активностей радона в воздухе помещений может быть так называемый стек-эффект (эффект дымовой трубы). Перепад температур между воздухом помещений и наружным воздухом в зимний период приводит к перепаду давления. В помещении создается разрежение, которое ведет к возникновению потока воздуха, поступающего в помещения из почвы под зданием. Для почвенного воздуха характерны значительно большие объемные активности радона по сравнению с воздухом помещений или атмосферным воздухом. Поэтому стек-эффект приводит к росту объемной активности радона в воздухе помещений. Хотя перепад давлений между воздухом помещений и атмосферным воздухом не велик, этого ока-

зывается достаточно для увеличения скорости поступления радона в воздух помещений в несколько раз по сравнению с чисто диффузионным поступлением. Этот эффект особенно существенен для помещений с плохой изоляцией от почвенного воздуха.

При проектировании новых зданий жилищного и социально-бытового назначения должно быть предусмотрено, чтобы среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активность радона в воздухе помещений не превышала 100 Бк/м<sup>3</sup>. В построенных зданиях эта величина не должна превышать 200 Бк/м<sup>3</sup>. При превышении этого значения должны проводиться защитные мероприятия, направленные на предотвращение поступления радона в воздух жилых помещений (герметизация пола помещений первого этажа, вентиляции пространства под полом, применение радононепроницаемых покрытий стен) и улучшение вентиляции помещений.

## **ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ГЛУБОКОГО ФУНДАМЕНТОСТРОЕНИЯ 2-Й ПОЛОВИНЫ XX СТОЛЕТИЯ**

Чарнышевич Е.В., Соломко Н.И., Филипович А.С.

(Научный руководитель – Баранов Н.Н.)

Белорусский национальный технический университет

В течение многих столетий в основе строительства лежал только человеческий опыт. В начале 20 столетия при возведении сооружений устраивались опускные колодцы (известны более 2500 лет), кессоны (1841 г.), буронабивные сваи (1893 г.), а также фундаменты в открытых котлованах (ленточные, отдельные сплошные плиты).

Важным шагом в технологическом развитии явилось изобретение (1942) и широкое внедрение в практику, начиная с 50-х годов, инъекции грунтов через манжетные трубки с обтюраторами. Вместо забивных инъекторов в предварительно пробуриваемые скважины устанавливались стационарные манжетные трубки, позволяющие работать как по восходящей, так и нисходящей схемам, а при необходимости - выполнять повторное нагнетание.

Дальнейший прогресс связан с внедрением в строительную практику метода “стена в грунте” (50-е годы 20 столетия). Узкие глубокие траншеи в грунтовой толще разрабатывались под защитой тиксотропной глинистой суспензии и заполнялись глинистым материалом (противофильтрационные завесы) или бетоном (подземные конструкции сооружений).

Эти две технологии в 70-е годы нашли широкое применение при устройстве строительных котлованов. Уникальные ограждения устраивались методом “стена в грунте”, а горизонтальные днища – путем инъекции через манжетные трубки ( по типу водонепроницаемой ванны).

Параллельно с внедрением траншейных стенок развивалось их анкерование. В конструктивном отношении грунтовый анкер включает голову, тяж и корень. Система предназначена для передачи растягивающих усилий (тяж) на глубокие слои грунта (корень).

Распространение получил буровой способ устройства скважин с последующим устройством инъектируемого анкера.

С целью увеличения несущей способности (до тысяч килоньютонов) нашли применение глубокие буровые опоры. Диаметр такой набивной сваи достигал 1–1,6 м, с уширением в нижней части до 3,5 м, а глубина – десятков метров. Стенки полости во время разработки удерживаются глинистой суспензией или обсадными трубами.

В 60-х годах сначала во Франции, а затем и в других странах, применяют армирование грунтов. В настоящее время их применение становится все более интенсивным. Для армирования употребляют материалы из металла и геотекстилей (ткани и сетки).

В связи с развитием виброметода в строительстве с 50-х годов начали изменять сборные железобетонные элементы (оболочки), изготавливаемые методом центрифугирования. Тонкостенные оболочки диаметром до 3 м, погружаются в грунт с помощью вибрационного оборудования (погружатели и молоты). Эта конструкция потеснила опускные колодцы и кессоны.

Во многих странах мира в настоящее время реализуется струйная геотехнология (СГТ). Ее физическую основу составляют взаимосвязанные процессы размыва и удаления размывого грунта (гидротранспортировка в виде пульпы) с одновременным ее замещением твердеющим раствором.

Разрушающая способность напорной гидромониторной струи впервые была применена в 70-х годах прошедшего столетия в Японии для цементации массивов грунтов. СГТ реализуется с помощью специализированного оборудования (буровые станки с гидроприводом, растворные узлы для приготовления глинистых и цементных смесей, насосы и коммуникации высокого давления, мониторы с размывающими струйными насадками). Скважинный гидромонитор является устройством, обеспечивающим формирование и перемещение струи и включает корпус, в котором монтируются боковые насадки, подводящие трубы и гибкие рукава для подвода рабочих компонентов, а также вертлюг, когда необходимо обеспечивать вращение вокруг вертикальной оси.

На практике реализуются три схемы:

– Однокомпонентная, в которой для подачи размываемой жидкости (цементного раствора) используется собственный вертлюг

бурового станка. Вращающийся монитор медленно поднимают, часть размытого струей грунта перемешивается с раствором и в грунтовом массиве образуется цилиндрическая размытая полость, заполненная грунторазтворной смесью.

– Двухкомпонентная, когда в мониторе наряду с боковой насадкой устанавливается саосная с ней воздушная насадка. Через нее одновременно с подачей жидкости подается сжатый воздух, создающий искусственный газовый поток вокруг струи жидкости. Размытый грунт выносится по кольцевому зазору скважины в потоке аэрированной смеси (водогазогрунтовая смесь).

– Трехкомпонентная схема получается, когда размыв грунта производится водяной струей в искусственном воздушном потоке. Вынос размытого грунта происходит через скважину в составе водовоздушной пульпы. Цементный раствор подают в виде отдельной струи через насадку, расположенную ниже саосных размывающих насадок.

СГТ в Беларуси была применена для устройства строительного котлована глубиной 4,3 м, при реконструкции здания Госцирка в 2009-2010гг. Боковое ограждение котлована глубиной 3,2 м было выполнено в виде двухрядной стенки из цементогрунтовых свай. С целью улучшения водонепроницаемости с внешней стороны стен методом СГТ была выполнена противofильтрационная завеса, глубиной 3,0 метра. Днище котлована толщиной было выполнено также из грунтоцементных свай в количестве 469 штук.

## АНАЛИЗ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОЕКТА АЭС-2006

Хроленков П.А., Шабалина Ю.А.  
(Научный руководитель – Архангельская Т.М.)  
Белорусский национальный технический университет

Общая радиационная безопасность эксплуатации АЭС обеспечивается конструктивно-технологическими и организационными мероприятиями, направленными на исключение утечки радиоактивных веществ за пределы рабочих контуров и/или локализацию их в случае выхода.

К основным техническим средствам непосредственного обеспечения радиационной безопасности АЭС относятся: физические барьеры на пути возможного распространения радиоактивных веществ, системы локализации источников радиационного воздействия и защиты персонала, система средств радиационного контроля источников радиационной опасности, системы вентиляции зоны контролируемого доступа, система сбора, переработки и хранения в спецхранилищах радиоактивных отходов.

АЭС-2006 – краткое наименование эволюционного проекта АЭС, разработанного на базе российского проекта ВВЭР-1000.

Проектом гарантируется радиационная защита персонала и населения при обслуживании всех проектируемых процедур и процессов, реализуемых на АЭС, на всех жизненных циклах АЭС, при всех эксплуатационных состояниях. Высокая степень безопасности проекта АЭС-2006 обеспечена множеством факторов. Основные из них – это принцип самозащищенности реакторной установки, наличие нескольких барьеров безопасности и многократное дублирование каналов безопасности. В реакторах ВВЭР применена композиция активной зоны, которая обеспечивает «самозащищенность» реактора или его «саморегулирование». В проекте АЭС-2006 применяется двухконтурная схема, в которой тепло может отводиться прямо в воздух без участия каких-либо внешних источников водоснабжения. Двухконтурная схема принципиально более безопасна, чем использованная в Японии одноконтурная, потому что все радиоактивные среды находятся внутри защитной оболочки (контайнмента), а в первом контуре нет пара - риск «оголения» топлива



и его перегрева принципиально ниже. Кроме того, реакторы ВВЭР комплектуются 4 парогенераторами, системы отвода тепла многопетлевые, то есть в них обеспечиваются значительные резервы воды.

На АЭС с водо-водяными реакторами (ВВЭР) с учетом принципа единичного отказа и возможного необнаруживаемого отказа предусмотрены 3 независимых канала систем безопасности, каждый из которых может выполнить функции всей системы. Система безопасности состоит из четырех барьеров на пути распространения ионизирующих излучений и радиоактивных веществ в окружающую среду. Первый – это топливная матрица, предотвращающая выход продуктов деления под оболочку тепловыделяющего элемента. Второй – сама оболочка тепловыделяющего элемента, не дающая продуктам деления попасть в теплоноситель главного циркуляционного контура. Третий – главный циркуляционный контур, препятствующий выходу продуктов деления под защитную герметичную оболочку. Наконец, четвертый – это система защитных герметичных оболочек (контайнмент), исключающая выход продуктов деления в окружающую среду. Если что-то случится в реакторном зале, вся радиоактивность останется внутри этой оболочки.

Все ядерные реакторы типа ВВЭР имеют контайнмент. При этом оболочка рассчитана не только на внешнее воздействие – например, падение самолета, смерч, ураган или взрыв. Контайнмент выдерживает внутреннее давление в  $5 \text{ кг/см}^2$  и внешнее воздействие от ударной волны, создающей давление 30 кПа, и падающего самолета массой 5 тонн.

В проекте заложена концепция, которая предусматривает не только средства предотвращения аварий, но и средства управления последствиями запроектных аварий, обеспечивающих локализацию радиоактивных веществ в пределах гермооболочки. К ним относятся системы удаления водорода; защиты первого контура от превышения давления; отвода тепла через парогенераторы; отвода тепла от защитной оболочки и устройство локализации расплава (УЛР, так называемая «ловушка расплава»). По проекту АЭС-2006 в настоящее время сооружаются 2 блока Ленинградской АЭС-2

Основные технические особенности проекта следующие: двойная железобетонная защитная оболочка, 4 канала активных систем безопасности, максимальное использование апробированных тех-

нических решений и оборудования, все трубопроводы, проходящие через оболочку, оборудованы локализирующей арматурой, доступ под оболочку осуществляется через шлюз для персонала, шлюз для оборудования и материалов и аварийный шлюз. В конструкции шлюзов предусмотрена невозможность одновременного открытия всех дверей любого шлюза во время работы станции.

Главная цель таких мер по обеспечению безопасности АЭС – гарантировать, что ни при каком сценарии не будет угрозы выхода радиоактивности за пределы площадки.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ОСНОВАНИЙ ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ ИСПЫТАНИИ ЗАБИВНЫХ СВАЙ ПО ВЕЛИЧИНЕ ОТКАЗОВ

Руденко О.А, Шеда Д.А.  
(Научный руководитель – Никитенко М.И.)  
Белорусский национальный технический университет

В геотехнической практике Беларуси при устройстве фундаментов в неблагоприятных геологических и гидрогеологических условиях значительную долю занимают забивные сваи при их погружении в несущие слои грунтов. Погружение таких свай способствует уплотнению грунта при его вытеснении в стороны.

При проектировании свай обычно требуется прогноз несущей способности оснований свай в соответствующих грунтовых условиях. Как известно, для этого существуют различные методы, т.е. расчетный по табличным значениям сопротивлений грунтов на боковой поверхности и под нижним концом сваи, по результатам зондирования грунтов и посредством полевых динамических и статических испытаний натурных свай.

Одним из важных достоинств забивных свай является возможность оценки несущей способности их оснований по величине отказа  $S_a$  в конце погружения за счет свободного падения ударной части молота без подачи топлива. За величину отказа в данном случае принимается погружение трубы на проектной глубине от одного удара молота соответствующего механизма.

Частное значение предельного сопротивления основания сваи определяется по формуле:

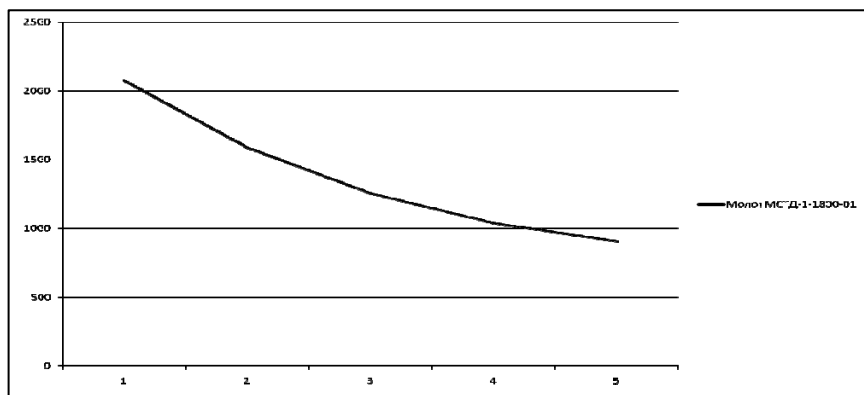
$$F_u = \gamma_{cu} \cdot \frac{\eta \cdot A_c \cdot M}{2} \cdot \left( \sqrt{1 + \frac{4 \cdot E_d}{\eta \cdot A_c \cdot S_a} \cdot \frac{m_1 + \varepsilon^2 \cdot m_2}{m_1 + m_2}} - 1 \right)$$

Поскольку сваебойные фирмы используют разные типы молотов, а проектом предусматривается достижение определенных значений передаваемых на сваи расчетных усилий, на практике для таких механизмов целесообразно иметь заранее вычисленные соотношения между величинами отказов  $S_a$  и предельными сопротивлениями основания свай

В этом случае глубину погружения сваи можно всегда регулировать по величине достигаемого при этом отказа.

На это и нацелены наши исследования.

Ниже в табличной и графической формах приводятся вычисленные нами вышеназванные соотношения для поперечных сечений забивных свай  $30 \times 30$  см с длинами 6,0 м и 9,0 м молотом МСТД-1-1800-01.



*Рис. 1. Графики зависимости значений предельных сопротивлений основания от величин отказов  $S_a$  при погружении свай сечением  $30 \times 30$  см с длинами 6,0 м и 9,0 м в песок средней крупности и плотности сложения молотом МСТД-1-1800-01*

## **ПРОГНОЗ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ВИБРОНАБИВНЫХ СВАЙ ПО ВЕЛИЧИНЕ ОТКАЗОВ ПРИ ПОГРУЖЕНИИ ОБСАДНЫХ ТРУБ С ЗАКРЫТЫМИ НИЖНИМИ ТОРЦАМИ**

Таранда А.Г.

(Научный руководитель – Никитенко М.И.)

Белорусский национальный технический университет

### **Способы погружения свай**

Сваи погружаются в грунт с помощью ударного, вибрационного, вдавливающего, виброударного или вибродавляющего воздействия, а также завинчиванием.

Машины ударного действия разделяют на молоты механические, паровоздушные и дизель-молоты.

Механические (подвесные) молоты имеют ударную часть в виде отливки и применяются при малых объемах работ, в основном для забивки деревянных свай.

Паровоздушные молоты приводятся в действие паром или сжатым воздухом. Они бывают одиночного, двойного и дифференциального действия и отличаются друг от друга характером использования энергии пара (воздуха) в рабочем цикле.

В молотах двойного и дифференциального действия пар (воздух) используется как для подъема ударной части, так и для повышения частоты и энергии ударов.

Дизель-молоты работают по принципу одноктного двигателя внутреннего сгорания, бывают штанговыми и трубчатыми. Ударная часть у штанговых – цилиндр, у трубчатых – поршень. Подъем ударной части происходит за счет энергии газов, образующихся при сгорании топлива, рабочий ход – под действием силы тяжести. Молоты этого типа по сравнению с паровоздушными более мобильны и экономичны. Трубчатые молоты надежнее в работе и обладают большей погружающей способностью, чем штанговые.

Разработаны и проходят испытания гидравлические молоты двойного действия, имеющие ряд преимуществ по сравнению с описанными выше.

Рабочими параметрами молотов ударного действия, определяющими область их применения, являются: общая масса, масса ударной части и высота ее подъема, количество ударов в минуту и энергия удара.

Молоты ударного действия и сваи при забивке устанавливаются чаще всего на копрах, состоящих из рабочей платформы с рельсокопесной ходовой частью и вертикального направляющего устройства стрелового или башенного типа. Молоты и сваи могут также располагаться на самоходных агрегатах, смонтированных на экскаваторах, кранах, тракторах и автомобилях.

При устройстве свайных фундаментов под здания, опоры мостов и путепроводов наиболее эффективна мостовая сваебойная установка ЦНИИОМТП, имеющая координатно-шаговый механизм и программное управление. Выбор средств забивки свай зависит от их типа, материала, массы, сечения, длины, условий производства и объема свайных работ. Масса ударной части молота должна соответствовать массе забиваемой сваи с учетом ее длины и характера грунтов.

Технологический процесс погружения свай забивкой включает следующие операции: разметку мест забивки, передвижку и установку копра или сваебойного агрегата, подачу свай к копру, подъем и установку ее на место погружения, забивку свай. На подготовительные операции приходится около 75 % времени производства свайных работ. Поэтому большое значение имеют рациональный выбор копра или самоходной установки и схемы забивки.

Погружение свай может осуществляться вибропогружателем который, будучи закреплен в верхней части сваи или шпунта, передает направленные колебания свае, а через нее грунту. Вибропогружатель вместе со сваей подвешивается к крюку крана или устанавливается в копре. При достижении критической частоты колебаний трение влажного грунта о сваю резко уменьшается, и под действием собственного веса и веса вибратора свая погружается в грунт. Наиболее эффективно вибропогружение в водонасыщенных песчаных грунтах.

Для легких свай и стального шпунта применяются высокочастотные вибропогружатели, тяжелых – низкочастотные.

Способ вдавливания используется при устройстве свайных оснований из коротких (до 6 м) железобетонных свай сплошного или трубчатого сечения. Для этого применяются агрегаты статического вдавливания. Рассматриваемый способ эффективен при погружении свай во влажные суглинистые и глинистые грунты. При грунтах с включением гравия рационально применение вибродавляющих агрегатов.

Погружение вертикальных или наклонных свай завинчиванием выполняется при строительстве инженерных сооружений, на фундаментах которых действуют выдергивающие нагрузки. Широкие лопасти винтового наконечника, в два-три раза превышающие диаметр ствола сваи, обеспечивают большую несущую способность винтовых свай. Применяют их при возведении мостов, причалов, подпорных стенок и для вантовых креплений различных сооружений. При этом используются электрокабестаны или самоходные установки

В геотехнической практике Беларуси последних лет достаточно часто стали применять технологию устройства буронабивных свай в разнообразных грунтах, включая водонасыщенные, с вибрационным погружением обсадных труб с закрытыми нижними торцами при последующем армировании и бетонировании стволов по мере извлечения обсадки [1]. Наличие теряемых крышек или пробок из перуплотненного грунта на нижнем торце трубы уменьшает до минимума попадание воды внутрь нее, а также способствует уплотнению грунта при его вытеснении в стороны по аналогии с забивными сваями. Важным достоинством устройства свай по такой технологии является возможность оценки несущей способности их оснований по величине отказа  $S_a$  при погружении трубы с закрытым нижним торцом. За величину отказа в данном случае принимается погружение трубы на проектной глубине за одну минуту вибрационного воздействия соответствующего механизма.

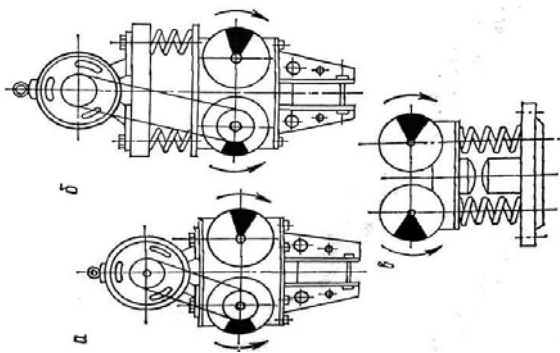


Рис. 1. Схемы вибропогружателей:  
 а – с жестким креплением двигателя;  
 б – с пружинной пригрузкой; в – вибромолот

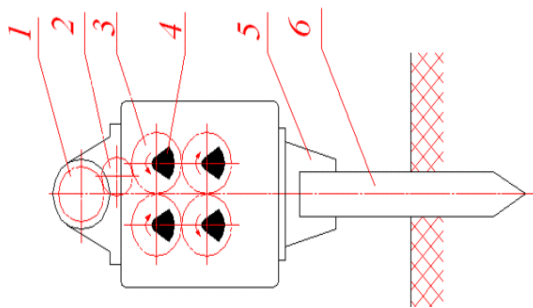


Рис. 2. Конструктивная схема вибропогружателя:  
 1 – электродвигатель или гидромотор; 2 – промежуточная шестерня; 3 – синхронизирующие шестерни;  
 4 – дебаланс; 5 – наголовник; 6 – свая



## Принцип работы вибропогружателя

Принцип действия вибропогружателя основан на эффекте резко-го снижения сопротивлению погружения свайного элемента при сообщении последней вибрации. Этот эффект основан на свойстве тиксотропии двухфазных жидкостей.

Вибропогружатель предназначен для погружения в песчаные и глинистые грунты и извлечения из них различных свайных элементов. Вибропогружатель осуществляет работу в комплексе с виброизолятором и грузоподъемным механизмом. В качестве грузоподъемного механизма может быть использован подъемный кран, Копёр. Кроме того вибропогружатель может работать с экскаваторами (с соответствующими техническими параметрами).

Вибропогружатель состоит из вибровозбудителя, электродвигателя или гидромотора и наголовника.

При вращении дебалансов 4 на их ось крепления действует центробежная сила, и вибропогружатель получает вибрирующее движение, которое сообщает свайному элементу 6 через наголовник 5. Дебалансы приводятся во вращение электродвигателем 3 (или гидромотором) через механическую передачу (или непосредственно от вала мотора). Симметрично расположенные дебалансы синхронно вращаются в разные стороны для уравнивания радиальных нагрузок.

### Достоинства:

- низкая стоимость погружения свай;
- меньший шум при работе, чем при использовании свайных молотов.

### Недостатки:

- невозможность погружения свай в скальные грунты.

При невозможности дальнейшего погружения применяют молоты.

Частное значение предельного сопротивления основания сваи, кН, по данным их погружения вибропогружателям с измерением отказов  $S_a$  определяем по формуле пособия П4-2000 к СНБ 5.01.01-99 :

$$F_u = \gamma_{cu} \cdot \frac{\eta \cdot A_c \cdot M}{2} \cdot \left( \sqrt{1 + \frac{4 \cdot E_d}{\eta \cdot A_c \cdot S_a} \cdot \frac{m_1 + \varepsilon^2 \cdot m_2}{m_1 + m_2}} - 1 \right)$$

где  $E_d$  – расчетная энергия вибропогружателя;

$S_a$  – площадь, ограниченная наружным контуром сплошного сечения ствола сваи;

$\eta$  – коэффициент, принимаемый в зависимости от материала сваи, кПа. Для металлических труб и железобетонных свай;

$F_u$  – предельное сопротивление основания сваи, кН;

$S_a$  – величина отказа м/мин;

$\gamma_{cu}$  – коэффициент, принимаемый в зависимости от вида грунта.

Для песчаного грунта  $M = 1,2$ ;

$m_2$  – масса вибропогружателя, т;

$m_1$  – масса сваи, т;

$\varepsilon$  – коэффициент восстановления удара;

При погружении трубы в песчаный грунт  $\gamma_{cu} = 1$ .

Анализ вышеприведенной формулы свидетельствует о том, что значения предельного сопротивления основания сваи зависят нелинейно от величин отказов  $S_a$  и площади ствола сваи, но линейно от расчетной энергии вибропогружателя.

Поскольку геотехнические фирмы используют разные вибропогружатели, а проектом предусматривается достижение определенных значений приходящихся на сваи расчетных усилий, на практике для таких механизмов целесообразно иметь заранее вычисленные соотношения между величинами отказов  $S_a$  и предельными сопротивлениями основания свай. В этом случае глубину погружения обсадной трубы с закрытым нижним торцом можно всегда регулировать по величине достигаемого при этом отказа. На это и нацелены наши исследования.

Результаты расчетов приведены на рис. 3.

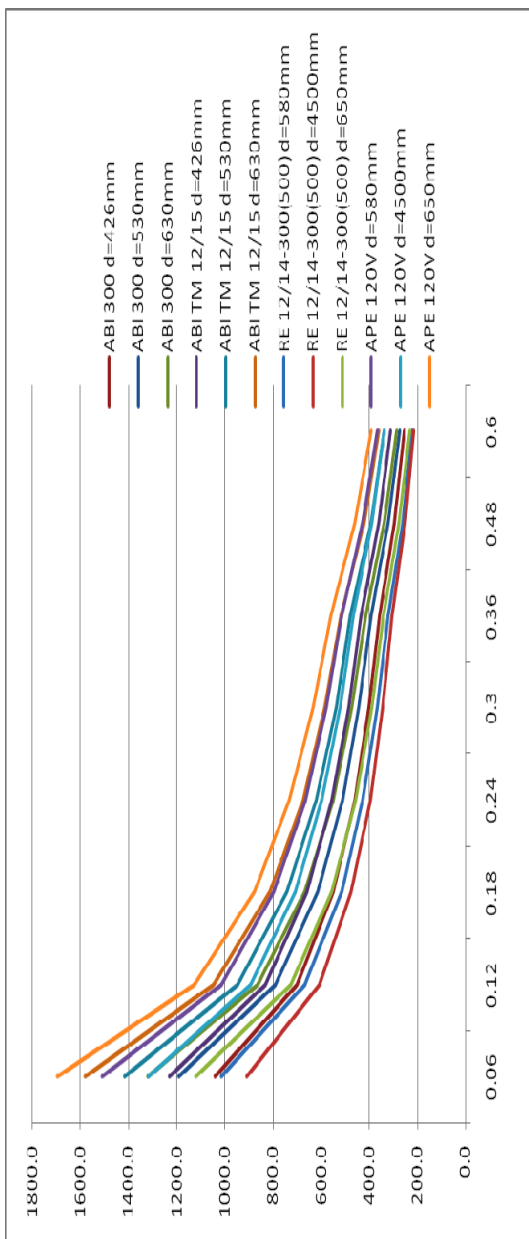


Рис. 3. График зависимости значений предельных сопротивлений основания свай от величин отказов  $S_a$  при погружении обсадных труб разных диаметров в водонасыщенный песок средней крупности и плотности сложения при помощи разных вибропогружателей

## **ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОМАССИВОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ НА СЛАБЫХ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ГРУНТАХ**

Тронда Т.В.

(Научный руководитель – Сернов В.А.)

Белорусский национальный технический университет

### **Аннотация**

В статье описаны, разработанные сотрудниками кафедры «Геотехника и экология в строительстве», конструктивно-технологические решения по устройству геомассивов на строительных площадках в г. Минске и в г.п. Колодищи. Приведены результаты исследования грунтов в уплотненной зоне геомассива статическим зондированием. Техничко-экономическое сравнение вариантов показало, что стоимость геомассива в среднем на 32% меньше стоимости устройства фундамента из забивных составных свай.

### **Введение**

Геотехнический массив («геомассив») – это система природных и техногенных образований, создаваемая в основании сооружения путем включения в природный массив грунта или на его поверхности техногенных элементов (уплотненных или закрепленных зон и слоев, бетонных и грунтоцементных блоков, плит и т.д.). Такая комплексная система формирует единую пространственную структуру с высокой несущей способностью. Основной идеей геомассивов является равномерное распределение нагрузки от сооружения на весь объем основания, а не на его часть, как это имеет место у большинства традиционно применяемых фундаментов, что позволяет исключать образование в основании сооружений зон повышенных напряжений. Применение данной технологии целесообразно, в первую очередь, в сложных инженерно-геологических условиях, где использование традиционных фундаментных конструкций

невозможно или неэффективно. Например, в условиях заболоченной местности, иловатых или просадочных грунтов.

В настоящее время при устройстве фундаментов в сложных грунтовых условиях г. Минска в большинстве случаев применяются свайные фундаменты, реже выполняются грунтовые подушки или уплотнение грунтов тяжелыми трамбовками. Однако, на некоторых строительных площадках мощность слабых грунтов может значительно превысить сжимаемую толщу грунта в основании фундамента. В таких случаях применение длинных свай малоэффективно в связи с высокой стоимостью их устройства и опасностью развития отрицательных сил трения вдоль их боковых поверхностей в случае пронизывания стволами грунтов с органическими включениями и наличием на глубине водоносных горизонтов, зачастую напорных. Более экономичным решением в данных условиях является вертикальное и горизонтальное армирование верхней части основания с улучшением прочностных и деформационных характеристик природного грунта, т.е. устройство геомассива. Такая схема позволяет распределять напряжения от здания по большей площади и рассеивание напряжений с глубиной будет происходить более интенсивно.

Устройство геомассивов в настоящее время выполняется на двух строительных площадках в г. Минске и в г.п. Колодищи минского района.

### **Устройство геомассива при строительстве трех девятиэтажных жилых домов в г.п. Колодищи**

Инженерно-геологические условия при строительстве трех девятиэтажных жилых домов в г.п. Колодищи относятся к сложным. Под подошвами проектируемых фундаментов толща слабых лессовидных суглинков с модулями деформации 4,2 МПа распространяется на глубину от 3,0 м до 8,5 м. Ниже залегает прослойка песка средней прочности, а под ней глинистые грунты с органическими включениями и торфы подстилаемые на глубине 12,5–16,7 м песками средней прочности (рис. 1).

Наличие в основании больших толщ слабых грунтов определило применение в первоначальном проекте фундаментов из составных забивных свай длиной от 16 м до 21 м. Как альтернатива этому ва-



основания. Нагрузка на вертикально армированное грунтовое основание передается через конструктивную прослойку из песчаного грунта толщиной 1м. Совместная работа армирующих элементов и окружающего их массива грунта обеспечивается за счет расположения элементов с оптимальным расчетным шагом и шероховатости боковой поверхности, повышающей трение-сцепление и позволяющей исключить «проскальзывание» армирующего элемента.

Расчет стоимости устройства свайных фундаментов и геомассива были выполнены в базовых ценах 2006 г. (табл. 1).

Таблица 1

Технико-экономические показатели вариантов фундаментов

<b>Стоимость в ценах на 1 янв. 2006 г, руб.</b>			
Показатели	Жилой дом №1	Жилой дом №2	Жилой дом №3
Свайное поле	699 039 068	688 599 893	695 546 820
Геомассив	434 878 599	516 853 389	462 660 516
Экономический эффект	38%	25%	33%

Технико-экономическое сравнение вариантов показало, что стоимость геомассива в среднем на 32% меньше стоимости фундаментов из забивных составных свай даже при том, что стоимость рост-верка возросла в 2 раза.

### **Устройство геомассива при строительстве комплекса жилой застройки «Вивальди»**

Аналогичное решение применялось при строительстве комплекса жилой застройки в квартале ул. Шафаронянской-Гинтовта-Ложинской-Городецкой в г. Минске. Осложняющими факторами при устройстве фундаментов является наличие у поверхности прослоек слабых глинистых грунтов, а на глубине 3,0–20,9м от подошвы





тельных сопротивлений по боковой поверхности сваи, а длина свай составила бы от 25 до 33 м (рис. 3). Также нецелесообразным был вариант устройства грунтовой подушки, толщина которой должна была бы достигать 12 м.

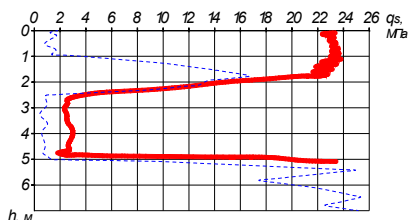
Для контроля качества уплотнения грунта между ВАЭ выполнено статическое зондирование. На рис. 4 приведены результаты зондирования основания до и после устройства ВАЭ. Модули деформации слабых грунтов после устройства ВАЭ увеличились в 2,5 раза и составили в среднем около 30 МПа.

После отсыпки и уплотнения песчаной армированной подушки для контроля качества основания выполнено повторное зондирование грунтов. Конус зонда не удалось погрузить более чем на 2 м от уровня оголовков ВАЭ, что свидетельствует об уплотнении окружающих грунтов сверх заданных параметров.

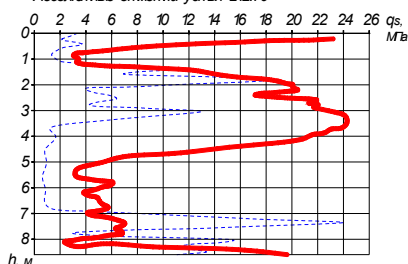
Глубина <i>h</i> , м	Мощность слоя, м	№ ИГЭ	<i>q<sub>s</sub></i> , МПа	<i>E<sub>s</sub></i> , МПа
0.2	0.2	3	0.0	
19	17	9	26.4	60
25	0.6	9	10.9	412
4.8	2.3	2	2.6	15.8
5.2	0.4	10	18.0	56.0

Глубина <i>h</i> , м	Мощность слоя, м	№ ИГЭ	<i>q<sub>s</sub></i> , МПа	<i>E<sub>s</sub></i> , МПа
0.2	0.2	3	0.0	
0.6	0.4	9	19.2	48.7
1.3	0.7	3	4.2	25.6
1.7	0.4	10	12.7	46.2
2.5	0.8	10	19.0	58.0
4.2	1.7	10	28.5	60
4.8	0.6	9	13.9	48.2
8.3	3.5	3	5.1	31.1
8.6	0.3	10	15.6	51.2

Точка зондирования 5 (сравнение с 88-ой)  
Абсолютные отметки устья 212.70



Точка зондирования 4 (сравнение с 105-ой)  
Абсолютные отметки устья 212.70



----- до устройства ВАЭ;

— после устройства ВАЭ.

Рис. 4. Результаты зондирования основания до и после устройства вертикальных армирующих элементов

# **ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МОРЕННЫХ ГРУНТОВ СОЖСКОГО ОЛЕДЕНЕНИЯ В БЕЛАРУСИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПОЛЕВОГО ДИНАМИЧЕСКОГО ИСПЫТАНИЯ**

Максимюк М.В.

(Научный руководитель – Игнатов С.В.)

Белорусский национальный технический университет

## **Морены, их свойства и история формирования**

В древние времена оледенение земли было значительным. За последние 500 тыс. лет на территории Беларуси было около десяти крупных оледенений. Между оледенениями наступало потепление, так называемая межледниковая эпоха.

Последнее оледенение было около 11 тыс. лет назад, т.е. происходило на глазах человека, следовательно, не вся поверхность земли была покрыта льдом, а только определенные ее участки.

Геологическая деятельность ледников обусловлена главным образом их движением. При своем движении ледник истирает и вспахивает поверхность земли, формируя котловины, рытвины и борозды. Эта разрушительная работа обусловлена силами гравитации и вмержшими в ледник обломками, которые оказывают механическое воздействие.

Двигаясь по ущельям и склонам, ледники захватывают продукты разрушения путем вмораживания их в лед.

При таянии ледников весь обломочный материал, передвигаемый вместе с ними, отлагается, образуя ледниковые отложения.

Весь обломочный материал, который находится в движении с ледником или уже отложился, называется мореной.

Моренные отложения представляют собой грубый, неоднородный, неслоистый, неотсортированный обломочный материал.

Чаще всего это опесчаненные валунные суглинки или разнородные глинистые пески с валунами, содержащие разное количество гравия, гальки и валунов. Морены залегают покровами, мощностью до 30–40 метров.

Моренные отложения – наиболее характерный генетический тип ледниковых отложений для Беларуси.

По условиям образования морены делят на основные(донные), абляционные и конечные.

Основные – сложены смешанными частицами глины, пыли и песка, наиболее распространены и типичны для ледниковых отложений. Их мощность около 30-50 метров. Донные морены образуются под покровом движущегося льда.

Абляционные – иногда бывают рыхлыми из-за большого содержания песчаных фракций. Они образуются в периферических зонах ледника, главным образом. При участии талых вод.

Конечные – слагают возвышенности и гряды высотой до 100 метров при стационарном положении ледника.

С точки зрения строителя, моренные отложения являются надежными основаниями.

Их отрицательным свойством является вкрапление отдельных валунов.

### **Постановка задачи исследований**

Целью исследований было выявление закономерностей изменения угла внутреннего трения и сцепления мелкого песка и супеси в зависимости от коэффициента пористости.

Также задачей исследований было сравнение полученных зависимостей  $c=f(e)$   $\varphi=f(e)$  со значениями получаемыми при динамическом зондировании, которые приняты в национальных нормах.

Исходные данные для анализа были собраны в УП «Геосервис».

## Результаты исследований

### Сожская морена, песок мелкий

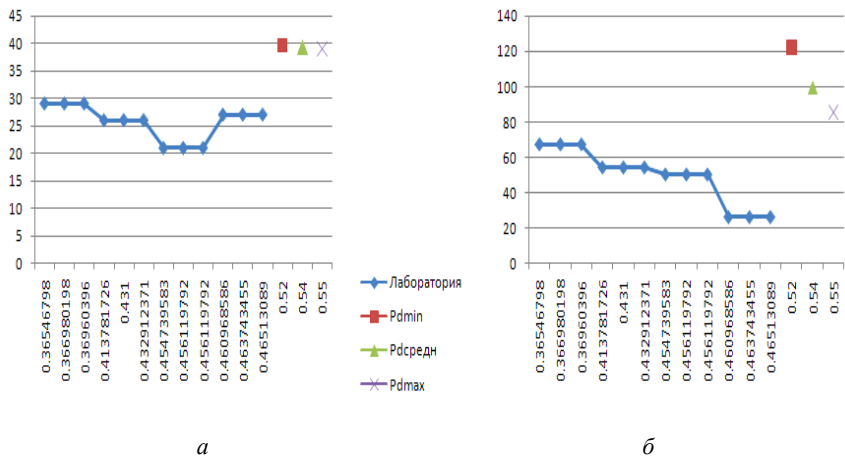


Рис. 1. Полученные зависимости:  $a - \varphi = f(e)$ ;  $\bar{b} - c = f(e)$

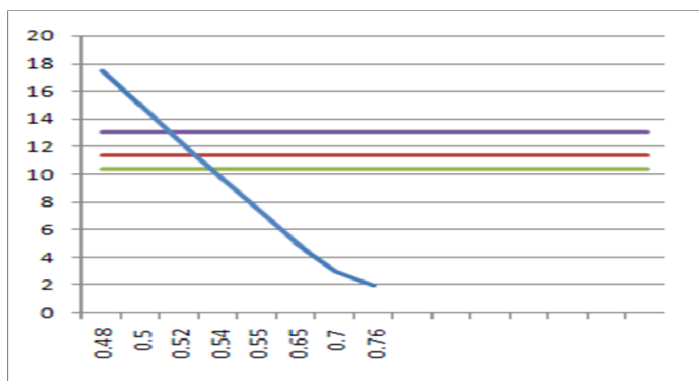


Рис. 2. Сравнение значения сопротивления динамическому зондированию и лабораторных исследований)

### Сожская морена, супесь

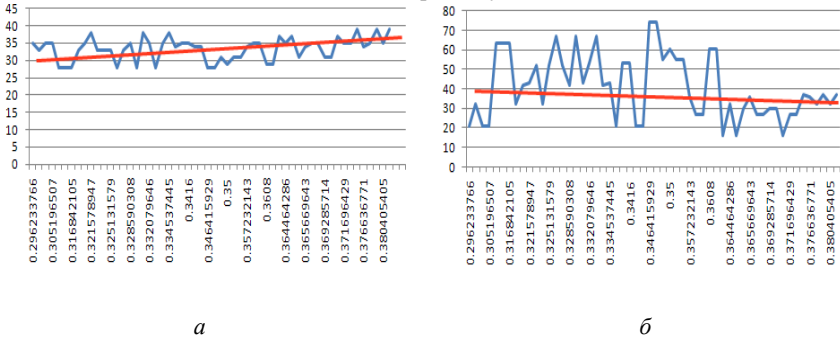


Рис. 3. Полученные зависимости: а –  $\varphi=f(e)$ ; б –  $c=f(e)$

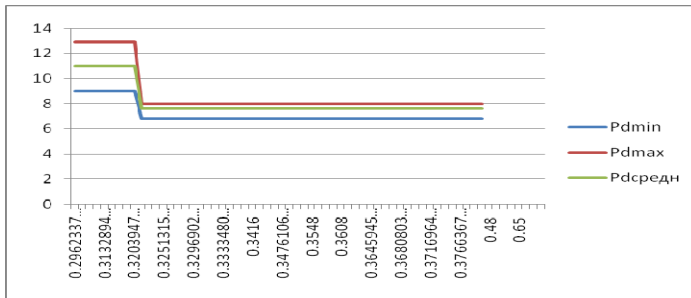


Рис. 4. Сравнение значения сопротивления динамическому зондированию и лабораторных исследований)

## Выводы

Нами была определена зависимость изменение угла внутреннего трения и сцепления  $\varphi$  и  $c$  от коэффициента пористости, проведено сравнение характеристик, полученных по результатам динамического зондирования и лабораторных исследований. Также по опытным данным была построена кривая  $P_d = f(e)$ .

# ВЛИЯНИЕ УНИФИКАЦИИ СТЕРЖНЕЙ ФЕРМЫ НА ПАРАМЕТРЫ ОПТИМАЛЬНЫХ ПЛОЩАДЕЙ СЕЧЕНИЙ

Адамейко М. А.

(Научный руководитель – Борисевич А. А.)

Белорусский национальный технический университет

Все стержни фермы (рис. 1) разделим на две группы. В первую группу включим стержни 1–2, 2–3 и 4–5, во вторую – остальные. Площади сечений каждого из стержней первой группы будем обозначать через  $A_1$ , а стержней второй группы – через  $A_2$ .

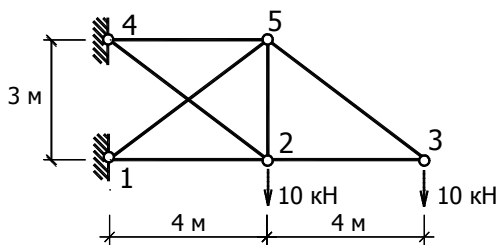


Рис. 1.

Рассчитывая ферму на заданную нагрузку, например, методом сил, можно показать, что усилия в ее стержнях не меняются при изменении жесткостей стержней любой из двух групп.

Это обстоятельство позволяет получить уравнения для определения узловых перемещений и, следовательно, записать ограничения на перемещения узлов в явной форме.

Линия, координаты каждой точки которой соответствуют перемещению какого-либо узла на заданное значение, занимает на плоскости  $A_1 A_2$  вполне определенное положение. Так, если принять вертикальное перемещение 2-го узла равным  $2 \cdot 10^{-3}$  м, то этому значению на рис. 2 соответствует линия 2, уравнение которой при  $E = 2,1 \cdot 10^5$  МПа имеет вид:

$$\frac{3,386 \cdot 10^{-4}}{A_1} + \frac{3,307 \cdot 10^{-4}}{A_2} = 1.$$

При том же значении предельного перемещения для узла 3, соотношение площадей сечений стержней для принятых групп переменных фиксируется линией 3, построенной по уравнению:

$$\frac{1,185 \cdot 10^{-3}}{A_1} + \frac{6,614 \cdot 10^{-4}}{A_2} = 1$$

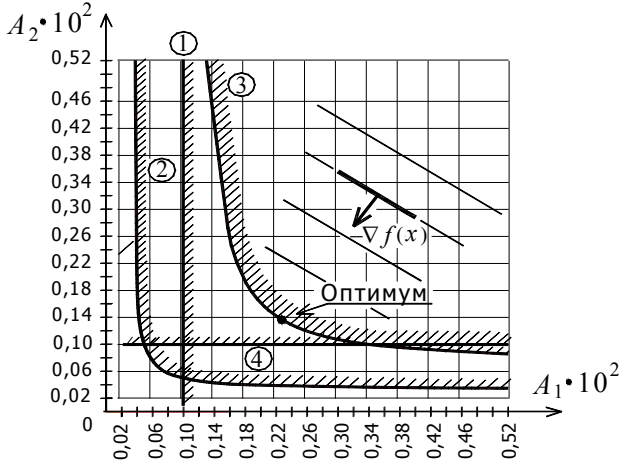


Рис. 2.

Ограничения на минимальные значения площадей сечений  $A_1$  и  $A_2$  приняты равными  $10^{-3} \text{ м}^2$  (см. линии 1 и 4).

Ограничениям на напряжения в стержнях фермы при  $R^+ = R^- = 235 \text{ МПа}$ ,  $\gamma_c = 1$ ,  $\varphi = 1$  соответствуют площади менее  $10^{-3} \text{ м}^2$ , поэтому на рисунке они не изображены.

На рис. 2 показано, что очертание области допустимых решений определяется ограничением на вертикальное перемещение 3-го узла и ограничением на минимальное значение площади  $A_2$ .

Если принять в качестве целевой функции объем материала на изготовление стержней фермы, т.е.

$$f(A) = 12 A_1 + 18 A_2,$$

то оптимальному решению будет соответствовать точка с координатами  $A_1 = 0,228 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$ ,  $A_2 = 0,138 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$ , в которой  $f(A) = 5,22 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$ .

Если разделить стержни фермы на три группы (1 гр. – ст. 1-2, 2-3; 2 гр. – ст. 4-5, 3-5; 3 гр. – ст. 1-5, 2-4, 2-5), то можно при заданном значении переменной, например  $A_1$ , получить оптимальные ( по объему материала фермы ) значения переменных  $A_2$  и  $A_3$ . В частности, если принять

$A_1 = 0,00192 \text{ м}^2$ , то получим  $A_2 = 0,00231 \text{ м}^2$ ,  $A_3 = 0,00115 \text{ м}^2$ ,  $f(A) = 8 A_1 + 9 A_2 + 13 A_3 = 0,05078 \text{ м}^3$ .

На рис. 3 показан график  $V(A_2, A_3)$  при  $A_1 = 0,00192 \text{ м}^2$ . Приняты интервалы:  $A_2$  принадлежит отрезку  $[0,002; 0,0025]$ ,  $A_3$  –  $[0,001; 0,0015]$ .

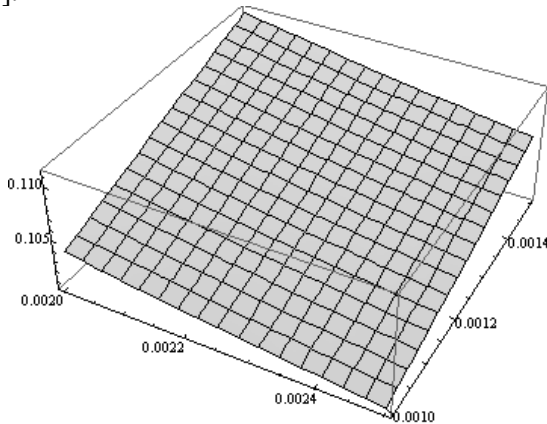


Рис. 3.

Если бы все стержни имели одинаковую площадь поперечного сечения, то при том же ограничении на перемещение узла 3 получили бы  $A = 0,00185 \text{ м}^2$ ,  $V = 0,0555 \text{ м}^3$ . Как и следовало ожидать, увеличение числа типоразмеров ( по площади сечения ) элементов системы приводит к уменьшению объема материала на ее изготовление.



## ДЕФОРМАТИВНОСТЬ АРМОГРУНТОВЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ СООРУЖЕНИЙ

Пацкевич С.С., Градобоев Р.А.

(Научный руководитель – Банников С.Н.)

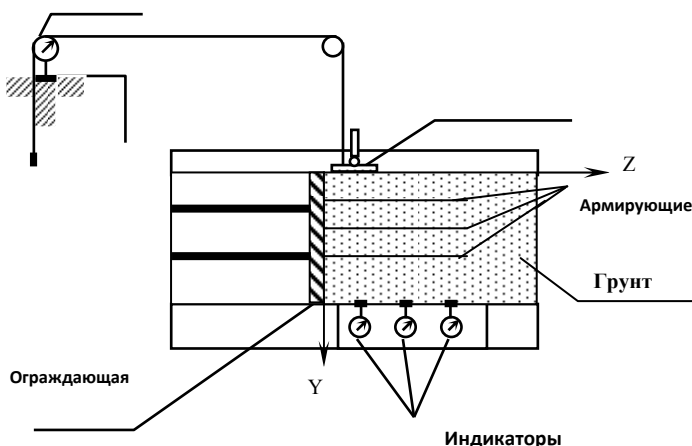
Белорусский национальный технический университет

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

Армирование слабых грунтов в основаниях выполнялось в двух вариантах. В первом армирующие элементы располагаются вертикально с таким расчетом, чтобы ограничить горизонтальные деформации грунтов и повысить устойчивость основания в целом. Во втором варианте армирующие элементы располагаются горизонтально в пределах песчаной подушки, на которой возводится сооружение.

Исследования проводились на моделях в металлическом лотке с размерами  $1,1 \times 0,6 \times 0,25$  м (рис.1). Материалом модели служил мало-влажный песок средней крупности, имеющий следующие характеристики: плотность  $\rho = 1,65 \dots 1,7$  г/см<sup>3</sup>, влажность  $W = 6\%$ , коэффициент пористости  $e = 0,65 \dots 0,69$ . Подготовка песчаного основания производилась посредством отсыпки песка слоями и уплотнения одинаковым количеством ударов в один след падающего с заданной высоты груза при контроле однородности с помощью пенетрометра. На дно лотка устанавливалась устройство для измерения вертикальных сжимающих напряжений, в виде сваренных между собой металлических пластин толщиной 10 мм, между которыми на расстоянии 7 см друг от друга были помещены 3 датчика. Последние представляли собой предварительно протарированные стальные упругие элементы, к которым прикреплены индикаторы часового типа. В верхней пластине вырезаны 3 отверстия, в которые вставлялись металлические цилиндры, обеспечивающие передачу вертикальных сжимающих напряжений на мессдозу. Такая конструкция датчика для измерения напряжений в грунтовой среде обеспечивала его чувствительность только к нормальной составляющей давления, чтобы не

реагировать на действие поперечных и тангенциальных составляющих напряжений. С целью исключения влияния на показания мессдозы касательных напряжений по ее поверхности, чувствительная плоскость мессдозы, воспринимающая давление грунта, перемещалась плоскопараллельно. Нагрузка прикладывалась через штамп размером  $200 \times 200$  мм ступенями по  $0,04$  МПа с выдерживанием каждой из них до условной стабилизации осадок, принимаемой равной  $0,01$  мм за 30 мин. Вертикальные сжимающие напряжения фиксировались с помощью динамометров, а осадки штампа – прогибомером часового типа марки 6-12-АС-ЛИСИ.



*Рис. 1. Схема установки для проведения лабораторных испытаний*

В наших опытах был смоделирован армированный слой грунта конечной толщины, лежащий на несжимаемом основании. В качестве армирующих элементов использовались металлические стержни диаметрами 10 мм при длинах 100 или 250 мм.

При горизонтальном армировании нами было установлено, что при увеличении относительной величины объема армирующих элементов происходит уменьшение напряжений под нагрузкой и в глубине, вызывая уменьшение осадки за счет увеличения модуля де-

формации грунта в горизонтальном направлении. При вертикальном армировании возрастает концентрация напряжений в вертикальном направлении, а осадка уменьшается за счет увеличения модуля деформации в вертикальном направлении.

Для проверки адекватности предлагаемой модели армированного песчаного основания были проведены сопоставительные расчеты (см. табл. 1).

Таблица 1

Значения вертикальных напряжений ( $\sigma_y/P_0$ )  
грунта ниже подошвы фундамента

<i>Неармированное основание</i>			
$z/b$ $y/b$	0,35	0,7	1,0
0,5	$\frac{0,112}{-}$	$\frac{0,097}{-}$	$\frac{0,052}{-}$
1,0	$\frac{0,093}{-}$	$\frac{0,078}{-}$	$\frac{0,054}{-}$
1,5	$\frac{0,076}{-}$	$\frac{0,066}{-}$	$\frac{0,051}{-}$
2,0	$\frac{0,063}{0,05}$	$\frac{0,057}{0,04}$	$\frac{0,048}{0,03}$
<i>Армированное основание</i>			
0,5	$\frac{0,078}{-}$	$\frac{0,066}{-}$	$\frac{0,049}{-}$
1,0	$\frac{0,053}{-}$	$\frac{0,046}{-}$	$\frac{0,041}{-}$
1,5	$\frac{0,038}{-}$	$\frac{0,035}{-}$	$\frac{0,034}{-}$
2,0	$\frac{0,029}{0,02}$	$\frac{0,027}{0,02}$	$\frac{0,026}{0,02}$

Примечание. В числителе приведены значения полученные теоретически, а в знаменателе – экспериментально

Расчет осадки армированного основания предлагается определять методом послойного суммирования по следующей формуле:

$$S_{ap} = \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{y,i} \cdot \Delta h_i}{E},$$

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

$\sigma_{y,i}$  – вертикальные напряжения армированного основания (см.табл.1), определялись по формуле:

$$\sigma_y = \frac{P_0}{\pi(\gamma_2 - \gamma_1)} \left[ \gamma_2 \left( \operatorname{arctg} \frac{z-a}{y \cdot \gamma_2} - \operatorname{arctg} \frac{z-a-b}{y \cdot \gamma_2} \right) - \gamma_1 \left( \operatorname{arctg} \frac{z-a}{y \cdot \gamma_1} - \operatorname{arctg} \frac{z-a-b}{y \cdot \gamma_1} \right) + \right. \\ \left. + \gamma_2 \left( \operatorname{arctg} \frac{z+a+b}{y \cdot \gamma_2} - \operatorname{arctg} \frac{z+a}{y \cdot \gamma_2} \right) - \gamma_1 \left( \operatorname{arctg} \frac{z+a+b}{y \cdot \gamma_1} - \operatorname{arctg} \frac{z+a}{y \cdot \gamma_1} \right) \right];$$

$\gamma_1, \gamma_2$  – корни характеристического уравнения для условий плоской деформации. Значения этих корней находятся по методике изложенной в [1];

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

$E$  – модуль деформации армированного слоя грунта.

## Литература

1. Лехницкий, С.Г. Теория упругости анизотропного тела / С.Г. Лехницкий. – М., 1977. – 415 с.

УДК 624.155.2

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВИНТОВЫХ СВАЙ В ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Саиф Сами Хуссейн Аль –Тамими  
(Научный руководитель – Кравцов В.Н.)  
Белорусский национальный технический университет

Устройство свайных фундаментов — одна из тех областей, где задача сбережения энергии и ресурсов решается наиболее успешно. Современная отечественная практика показывает, что свайные фундаменты, в том числе винтовые сваи, относятся к одним из наиболее эффективным решениям.

Винтовые сваи (ВС) были известно еще 3000 лет назад в Египте, Индии, Латинской Америке и других странах. В 18 веке впервые они были применены в Европе (в Англии) для причалов, пирсов и маяков. В России данная технология применяется с середины прошлого столетия для быстрого возведения объектов военного назначения на неподготовленных площадках с неблагоприятными условиями (сложный рельеф, грунтовые условия и др.). Эффективность винтовых свай была оценена также гражданскими строителями, которые начали использовать их при строительстве ЛЭП, мостов и путепроводов, опор антенн сотовой связи, подпорных стен для трубопроводов. В Санкт-Петербурге и Москве они применяются в малоэтажном строительстве, при возведении временных сооружений (стойки биг-бордов, временные павильоны, указатели, дорожные знаки, элементы садово-парковой архитектуры и др.).

Анализ отечественного и зарубежного опыта показал, что применение винтовых свай, в том числе в сложных грунтовых условиях, по сравнению с традиционными методами (забивка, вибропогружение, вдавливание, изготовление буронабивных свай с уширением) дает значительный технико-экономический эффект по многим показателям /1, 2/. В 2-3 раза сокращаются продолжительность и объем работ, на 30-50% уменьшается расход материала.



1000 кН и горизонтальных до 500 кН. К сожалению, широкое внедрение в Республике Беларусь металлических винтовых свай сдерживается отсутствием нормативно-технической базы на их проектирование, особенностями работы в различных грунтовых условиях Беларуси.

Имеющиеся на сегодняшний день материалы испытаний немногочисленны. Поэтому одной из первоочередных задач в области проектирования фундаментов из винтовых свай является исследование закономерностей их работы при наличии комбинированных нагрузок и различных грунтовых условиях.

В настоящее время расчет фундаментов из свай ВС и их оснований производить по двум группам предельных состояний (по материалу и грунту):

- по первой группе — по несущей способности грунта основания свай; по устойчивости фунтового массива со свайным фундаментом; по прочности материала, свай и ростверка. Из двух значений несущей способности в проекте принимается меньшая величина;

- по второй группе — по осадкам свай и фундаментов от нагрузок; по перемещениям свай совместно с грунтом основания от действия выдергивающих, горизонтальных нагрузок и моментов.

Расчет фундаментов по материалу производится: - по СНиП II-23 «Металлические конструкции».

Расчет допускаемой на сваю ВС нагрузки по грунту расчетным методом, по результатам испытаний и расчетным методом по двух компонентой схеме производится суммированием сопротивления грунта на боковой поверхности и под острием производится исходя из условий:

$$C_{fd} \leq F_d(F_{fd}) \cdot \gamma_k,$$

$$C_{fd} \leq F_{fd}(F_{fd}) \cdot \gamma_k.$$

Однако, отклонения фактической несущей способности ВС (из опыта) от их значения, полученных расчетом - составляют более 70% как в сторону завышения, так и занижения. Это обуславливает необходимость дополнительного исследования ВС с учетом грунтовых условий РБ и разработке методов их расчета.

## Заключение

В настоящее время для сооружений со значительными комбинированными нагрузками в РБ нашли применение металлические винтовые сваи. На основании выполненных исследований установлено, что фундаменты из винтовых свай обладают высокой несущей способностью, оптимальны по цене, конструктивной и технической эффективности. Это позволяет считать данный тип фундаментов прогрессивным и ресурсоэкономным техническим решением для грунтовых условий Беларуси. Преимущество винтовых свай по сравнению с типовыми решениями фундаментов из забивных и набивных свай, особенно возрастает и становится приоритетным на труднодоступных или удаленных от материально-технических баз строительных площадках и специфических условиях строительства: при сложном рельефе, наличии «слабых» грунтов в верхней зоне основания, больших выдерживающих нагрузках и др.

Однако широкое внедрение винтовых свай в РБ сдерживается отсутствием нормативно-технической базой по их проектированию (расчету) и изготовлению. Так, отклонение фактических значений несущей способности винтовых свай в грунтах Республики Беларусь от их фактических величин, рассчитанных по известным методикам, достигают 70% и более как в сторону занижения, так и в сторону завышения.

В связи с этим проводится работа по исследованию и изучению винтовых свай в зависимости от их размеров, характера загрузки и условий изготовления, с целью адаптации конструкции винтовых свай и методов их проектирования к грунтовым условиям РБ.

## Литература

1. Кравцов В.Н., Чеботарь Л.С. Эффективность использования винтовых свай в сложных грунтовых условиях Беларуси// Межд. сборник тр. Геотехника: Научные прикладные аспекты строительства надземных и подземных сооружений на сложных грунтах. – С/П: СПб ГАСУ, 2008. – с. 186-191.
2. Чернюк В.П. Винтовые сваи и анкеры в строительстве. – Минск: Ураджай, 1993, - 176 с.



Научное издание

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ГЕОТЕХНИКИ, ЭКОЛОГИИ И ЗАЩИТЫ  
НАСЕЛЕНИЯ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Материалы 67-й студенческой  
научно-технической конференции

Секция  
«Геотехника и экология в строительстве»

---

Подписано в печать 24.06.2011.

Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 5,17. Уч.-изд. л. 4,04. Тираж 55. Заказ 609.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.

Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.