

*vulgaris*) и др. В дальнейшем будем проводить мониторинг данного участка чтобы проследить изменение видового состава.

Высокая конкурентная способность клена ясенелистного обусловлена его аллелопатическими свойствами и способностью к микоризообразованию. Ученые выяснили, что листовой опад аборигенных видов и клена по-разному влияет на микробную биодеструкцию и водную растительность в пресноводных водоемах. Физиологически активные вещества, которые содержатся в листовом опаде клена, такие как фенолы и лигнинны действуют как ингибиторы роста для других видов растений. Также было достоверно установлено, что в почве из зарослей *Acer negundo* аборигенные травы меньше образуют арбускулярную микоризу и развиваются большее количество корневых волосков. Это означает, что клен меняет состав грибов в почве, что влияет на рост и развитие соседних растений [4, 5].

**Заключение.** Листовой опад клена обладает аллелопатическим действием, которое подавляет рост соседних растений, что снижает биологическое разнообразие и может негативно сказываться на экосистемах, где он инвазивен. На территории города Витебска Клен ясенелистный распространяются с большой скоростью, местами вытесняя аборигенные виды растений или даже менее конкурентоспособные интродуценты. Его роль в формировании фитоценозов и потенциальная угроза для биоразнообразия требуют дополнительного исследования. Следует предпринимать меры по контролю численности и предотвращению распространения этого вида.

1. Черная книга флоры Беларуси: чужеродные вредоносные растения / Д.В. Дубовик [и др.]; под общ. Ред. В.И. Парфенова, А.В. Пугачевского; Нац. Акад. Наук Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники им. В.Ф. Купревича. – Минск : Беларуская наука, 2020. – 407 с.: ил.
2. Котова, Л.А. Очаги инвазии чужеродных видов клена ясенелистного и робинии ложноакации в г. Витебске / Л.А. Котова, М.А. Полочанина // Молодежь XXI века: образование, наука, инновации : материалы XI международной конференции аспирантов и молодых ученых, Витебск, 6 декабря 2024 г. / Витеб. гос. ун-т ; редкол.: Е.Я. Аршанский (глав. ред.) [и др.]. – Витебск : ВГУ имени П.М. Машерова, 2024. – С. 27 – 29.
3. Определитель высших растений Беларуси. /Под ред. В.И. Парфенова. – Минск: Дизайн ПРО, 1999. – 472 с.: ил. ISBN 985-6182-78-6
4. Виноградова, Ю.К. Клен ясенелистный (*Acer negundo* L.): морфология, биология и оценка инвазивности / Ю. К. Виноградова, С. Р. Майоров, М. В. Костина. – Москва : Товарищество научных изданий КМК, 2022. – 218 с.: ил. ISBN 978-5-907533-47-9
5. Яхновец, М.Н. Влияние *Acer negundo* на флористический состав живого напочвенного покрова лесных сообществ в долине реки Пина / М.Н. Яхновец, Л.М. Мержвинский // Сахаровские чтения 2023 года: экологические проблемы XXI века : Материалы 23-й Международной научной конференции. В 2-х частях, Минск, 18–19 мая 2023 года. – Минск: Информационно-вычислительный центр Минфина Республики Беларусь, 2023. – С. 103-108.

## ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПЛЕНОК НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ МЕТОДАМИ СМОЛИЗАЦИИ

**Летуновская С.С.<sup>1</sup>, Каратеев И.Г.<sup>2</sup>,**

<sup>1</sup>аспирант 2 года обучения, <sup>2</sup>магистрант 2 года обучения

Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова,

г. Москва, Российская Федерация

Научный руководитель – Самарин Е.Н., доктор геол.-минер. наук, профессор

**Ключевые слова.** Инъекционная обработка грунтов; поверхностные пленки; песчаные грунты; применение химических вяжущих; эпоксидная смола; коллоидный кремнезем; карбамидная смола

**Keywords.** Injection treatment of soils; surface films; sandy soils; application of chemical binders; epoxy resin; colloidal silica, carbamide resin

Интенсивное использование песчаных грунтов в качестве оснований сооружений в сложных инженерно-геологических условиях требует применения методов искусственного улучшения их свойств. Эффективность инъекционного закрепления грунтов основана на физико-химическом взаимодействии вяжущих веществ с поверхностью песчаных зерен. Как установлено исследованиями (В.Е. Соколович, Б.А. Ржаницын, С.Д. Воронкевич и др.), ключевую роль играют пленочные образования на песчаных зернах [1], однако их влияние на процесс закрепления остается недостаточно изученным.

Таким образом, целью данной работы является изучение влияния поверхностных пленок на эффективность закрепления песков растворами кремнеземисто-эпоксидного вяжущего и карбамидной смолы.

**Материал и методы.** В качестве объекта исследования были выбраны модельные образцы песчаных грунтов с искусственно нанесенными поверхностными пленками железистого, силикатного, карбонатного, органического и глинистого состава, а также пески с удаленными поверхностными пленками. Образцы приготовлены на основе аллювиального песка второй надпойменной террасы р. Клязьма ( $aQ_{III}^2$ ), отобранного на Мещерской научно-учебной базе МГУ им. М.В. Ломоносова с глубины 1,2-1,4 м. По классификации ГОСТ 25100-2020 – песок средней крупности.

В качестве инъекционных растворов использовались два состава:

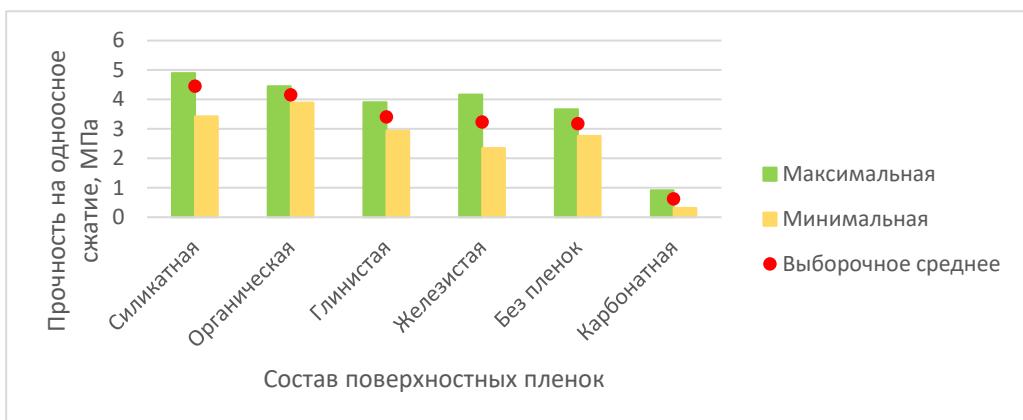
1. На основе коллоидного кремнезема и алифатической эпоксидной смолы, отверждаемой полиэтиленполиамином [3].

2. На основе карбамидной смолы, отверждаемой раствором щавелевой кислоты.

Инъекционная обработка проводилась методом пропитки песков кремнеземисто-эпоксидным вяжущим и карбамидной смолой по методике, подробно описанной в работе [4]. Грунт плотностью 1,70 г/см<sup>3</sup> помещали в колонну, состоящую из восьми секций, после чего рабочий раствор нагнетали под давлением 1,5 атм. в течение 10-15 минут. После завершения процесса закрепления образцы выдерживали в воздушно-влажной среде в течение 1 месяца. По истечении указанного срока определяли прочность на одноосное сжатие на приборе МП-2С, а также измеряли плотность и влажность закрепленных образцов по стандартным методикам.

**Результаты и их обсуждение.** Прочность на одноосное сжатие образцов, закрепленных раствором карбамидной смолы, варьируется от 0,3 до 4,9 МПа (Рисунок 1), кремнеземисто-эпоксидным вяжущим – от 0,4 до 1,8 МПа (Рисунок 2). Большой разброс значений прочности свидетельствует о том, что поверхностные пленки существенным образом влияют на качество закрепления грунтов.

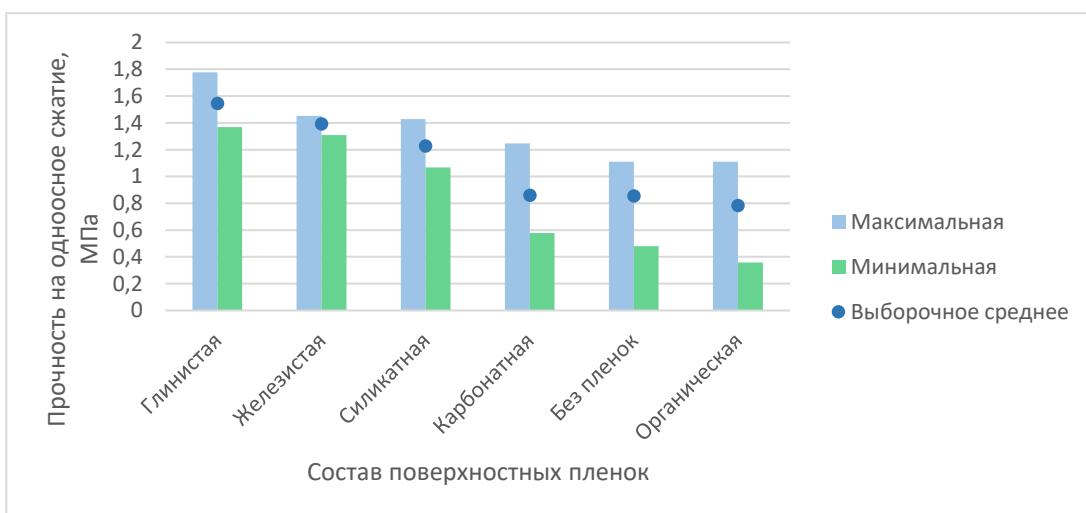
На основе полученных данных спустя 1 месяц после инъекционной обработки раствором карбамидной смолы был выявлен следующий типологический ряд по величине прочности образцов в зависимости от состава поверхностных пленок (в порядке убывания): силикатная → органическая → глинистая → железистая → без пленок → карбонатная. Наибольшая прочность образцов с силикатными пленками объясняется химической нейтральностью данного поверхностного образования, которая не нарушает процесс отверждения инъекционного раствора. Напротив, образцы с карбонатными пленками демонстрируют не только минимальную прочность вследствие химического взаимодействия карбоната кальция с компонентами отвердителя, но и значительное снижение эффективного радиуса инъекции, не превышающего 10-15 см.



*Рисунок 1 – Типологический ряд влияния искусственно нанесенных поверхностных пленок на прочность закрепленных грунтов раствором карбамидной смолы*

Установлен следующий ряд влияния пленочных образований на прочностные характеристики при закреплении кремнеземисто-эпоксидным вяжущим (в порядке убывания эффективности): глинистая → железистая → силикатная → карбонатная → без пленок → органическая. Повышенная прочность образцов с глинистыми поверхностными пленками объясняется частичным поглощением воды пленочным веществом и, следовательно изменением состава затвердевающего геля. Пониженные значения образцов с органическими образованиями объясняются низкой адгезией и перемешиванием пленочного вещества с затвердевающим раствором.

Таким образом, наблюдаемые различия обусловлены различным характером взаимодействия между инъекционным раствором и поверхностью песчаных зерен, неоднородностью адгезионных свойств грунтов, а также миграцией частиц пленочного материала в поровое пространство, что приводит к локальным изменениям микроструктуры формирующегося геля и подтверждается исследованиями микростроения грунта.



*Рисунок 2–Типологический ряд влияния искусственно нанесенных поверхностных пленок на прочность закрепленных грунтов кремнеземисто-эпоксидным вяжущим [2]*

**Заключение.** При закреплении образцов раствором карбамидной смолы было установлено, что при всех видах пленок, кроме карбонатной, достигаются высокие значения прочности на одноосное сжатие (от 2,8 до 4,9 МПа). Образцы с карбонатными поверхностными пленками не пригодны для инъекционной обработки ввиду низких проч-

ностных характеристик и небольшого радиуса закрепления. При необходимости закрепления песков с карбонатными пленками рекомендуется предварительная обработка грунта, например, соляной кислотой.

При закреплении образцов кремнеземисто-эпоксидным вяжущим значения прочности, в зависимости от состава пленок изменяются от 0,4 до 1,8 МПа. Наибольшую прочность обеспечивают глинистые пленки, частично поглощающие воду и изменяющие состав геля, а наименьшую – органические, из-за низкой адгезии и нарушения структуры раствора.

Различия прочности закрепленных образцов обусловлены характером взаимодействия между раствором и поверхностью зерен, а также миграцией частиц пленки, что приводит к изменению микроструктуры геля.

1. Воронкевич, С.Д. Основы технической мелиорации грунтов / С.Д. Воронкевич. – М.: Научный мир, 2005. – 504 с.

2. Летуновская, С.С. Влияние поверхностных пленок на эффективность закрепления песков модифицированным раствором алифатической эпоксидной смолы / С.С. Летуновская, А.П. Пензев // Ломоносов-2024: материалы Международного форума, секция инженерной геологии. – 2024.

3. Пензев, А.П. Инъекционный раствор для закрепления пескосодержащего массива / А.П. Пензев, Е.Н. Самарин ; пат. № RU 2785603 C1 Рос. Федерации. – 2022.

4. Пензев, А.П. Закрепление песчаных и пылеватых грунтов модифицированным раствором эпоксидной смолы / А.П. Пензев, Е.Н. Самарин, М.С. Чернов [и др.] // Инженерная геология. – 2023. – Т. XVIII, № 3. – С. 52–65.

## ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМЫ СБОРА ТКО ПЕРВОМАЙСКОГО РАЙОНА Г. ВИТЕБСКА

*Литвин М.А.,*

*студент 3 курса ВГУ имени П.М. Машерова, г. Витебск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель – Торбенко А.Б., ст. преподаватель*

**Ключевые слова.** Устойчивое развитие, сбор отходов, вторичные материальные ресурсы (BMP), твердые коммунальные отходы (TKO), контейнерные площадки, мусоропроводы.

**Keywords.** Sustainable development, waste collection, secondary material resources (SMR), municipal solid waste (MSW), waste collection sites, garbage chutes.

В соответствии с курсом Республики Беларусь на устойчивое развитие, подразумевающее, среди прочего, эффективное и безопасное обращение с отходами, стратегически важно увеличение доли использования BMP системы сбора и утилизации с достижением нормативно установленных показателей [1]. Одной из составляющих увеличения эффективности извлечения BMP из TKO является отказ от мусоропроводов. Первостепенной задачей в области охраны городской среды от негативного влияния отходов является удаление и переработка TKO [2]. Отказ от мусоропроводов улучшает санитарное состояние жилых домов.

Целью исследования является пространственный анализ системы сбора отходов потребления на территории Первомайского р-на г. Витебска.

**Материал и методы.** Использовались материалы с официального сайта ГП «Спецавтобаза г. Витебска» о системе сбора TKO потребления в частном секторе и на территории многоэтажной жилой застройки. Анализ проводился с использованием ГИС QGIS.

**Результаты и их обсуждение.** На территорию Первомайского района г. Витебска были нанесены адреса домов, для которых предусмотрены площадки TKO. Далее были нанесены адреса домов, в которых функционируют мусоропроводы. В границах террито-