

*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 лиственный 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 лигнины 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 развивают большее количество корневых волосков. Это означает, что клен меняет состав грибов в почве, что влияет на рост и развитие соседних растений [4, 5].

**Закключение.** 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 навука, 2020. – 407 с.: ил.

2. Котова, Л.А. Очаги инвазии чужеродных видов клена ясенелистного и робинии ложноакалии 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 (гл. ред.) [и др.]. – Витебск : ВГУ имени П.М. Машерова, 2024. – С. 27 – 29.

3. Определитель высших растений Беларуси. /Под ред. В.И. Парфенова. – Мн.: 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. Мерзвинский // 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  $1,70 \text{ г/см}^3$  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.

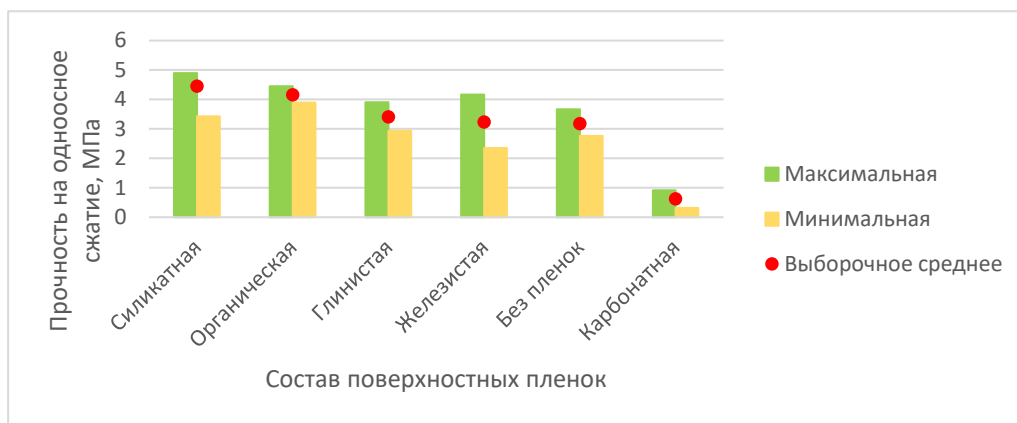


Рисунок 1 – Типологический ряд влияния искусственно нанесенных поверхностных пленок на прочность закрепленных грунтов раствором карбамидной смолы

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 объясняется 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.

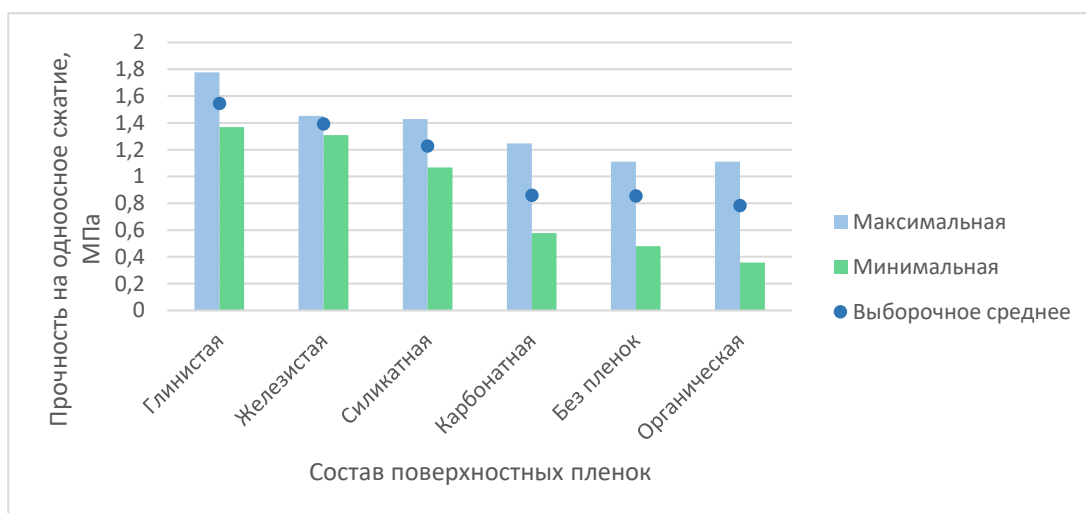


Рисунок 2–Типологический ряд влияния искусственно нанесенных поверхностных пленок на прочность закрепленных грунтов кремнеземисто-эпоксидным вяжущим [2]

**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 С1 Рос. Федерация. – 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 (ВМР), твердые коммунальные отходы (ТКО), 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 ВМР системы сбора и утилизации с достижением нормативно установленных показателей [1]. Одной из составляющих увеличения эффективности извлечения ВМР из ТКО является отказ от мусоропроводов. Первоочередной задачей в области охраны городской среды от негативного влияния отходов является удаление и переработка ТКО [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 ТКО потребления в частном секторе и на территории многоквартирной 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 ТКО. Далее были нанесены адреса домов, в которых функционируют мусоропроводы. В границах террито-