

Поликомплексная композиция для укрепления грунтов

С. А. Федоров

Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск

Аннотация: В статье исследуется применение свойств поликомплексной композиции на основе полиэтиленimina (ПЭИ) и полиакриловой кислоты (ПАК) для укрепления грунтов. В процессе исследований установлено соотношение ПЭИ и ПАК (по массе сухого вещества), при котором реагенты наиболее полно вступают в реакцию комплексообразования. Поликомплексную композицию оптимального состава использовали для укрепления грунтов некоторых разновидностей. При исследовании свойств укрепленных грунтов были получены зависимости: предела прочности укрепленного грунта от относительной влажности и толщины слоя укрепленного грунта от расхода комплексообразующих реагентов. В работе сделан вывод о перспективности использования поликомплексов для укрепления грунтов.

Ключевые слова: поликомплексная композиция, укрепление грунтов, полиэтиленimin, полиакриловая кислота, способ пропитки, обеспыливание, оптимальная влажность.

Поликомплексы образуются в результате взаимодействия противоположно заряженных полиэлектролитов [1]. Участвующие в таких реакциях полимерные реагенты весьма разнообразны, а продукты реакции приобретают новые ценные свойства [2].

Одной из возможных областей применения поликомплексов является укрепление грунтов. Как вяжущее, поликомплексные соединения имеют следующие достоинства. Во-первых, для получения нерастворимого в воде, обладающего хорошими адгезионными свойствами поликомплекса достаточно простого смешения водных растворов полиэлектролитов, что предопределяет несложность технологии приготовления вяжущего и возможность обработки грунта самым простым способом – пропиткой [3].

Поликомплексные композиции являются высокоэффективным вяжущим благодаря многофункциональности полиэлектролитов, а также вследствие высокой степени ионизации аминогрупп и разветвленности цепей макромолекул катионоактивных компонентов композиции [4]. Этим объясняется меньший расход исследуемого вяжущего по сравнению с другими известными химическими веществами, применяемыми для

укрепления грунтов [5].

Во-вторых, поликомплексы хорошо пропускают воздух и влагу и могут служить удобрением для растений. Поэтому химическое укрепление поверхности грунтов с помощью поликомплексной композиции можно успешно сочетать с задержанием [6].

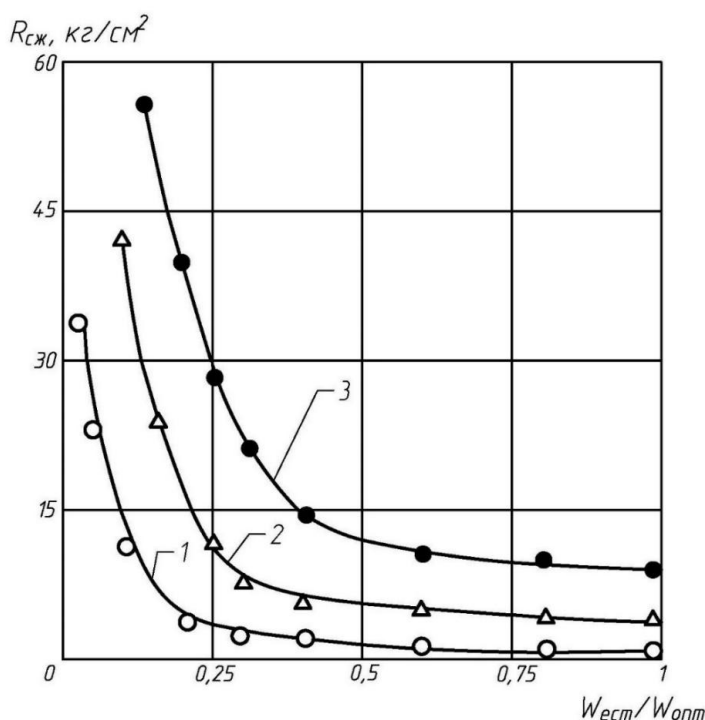
В работе исследовали поликомплексное вяжущее, получаемое из полиэтиленимина (ПЭИ) и полиакриловой кислоты (ПАК). ПЭИ является катионоактивным полиэлектролитом, ПАК – анионоактивным [7]. Для исследования применяли ПЭИ с молекулярной массой 50 000 и ПАК с молекулярной массой 800 000. Оба комплексобразующих реагента хорошо растворимы в воде, поставляются они обычно в виде водных растворов: ПЭИ концентрацией около 50%, ПАК – до 40%.

Установлено, что при укреплении грунтов наиболее полно реагенты вступают в реакцию комплексообразования при соотношении ПЭИ и ПАК (по массе сухого вещества), равном 2-3. При этом концентрация раствора ПАК должна быть близкой к 1%, концентрация раствора ПЭИ – к 2-5%.

Поликомплексную композицию оптимального состава применяли для укрепления грунтов нескольких разновидностей: песка мелкого, суглинка легкого пылеватого и суглинка тяжелого. Учитывая, что полиэлектролиты имеют относительно высокую стоимость, исследования проводились применительно к укреплению способом пропитки тонкого слоя грунта для защиты его от ветровой эрозии, например в целях обеспыливания поверхности грунтовых дорог и аэродромов.

Свойства укрепленного материала исследовали на образцах-цилиндрах размером 5x5 см, изготовленных из неуплотненной смеси грунта с поликомплексом. Испытания показали, что материал в сухом состоянии обладает высокой прочностью: предел прочности образцов при сжатии достигает 30-50 кг/см² (рис. 1). При увлажнении образцов их прочность

существенно уменьшается и становится особенно низкой при естественной влажности $W_{ест}$, составляющей более 0,2-0,4 оптимальной влажности при уплотнении $W_{опт}$, т. е. структурные связи, образующиеся в грунте, обработанном поликомплексным вяжущим, являются неводостойкими. Однако само вяжущее не вымывается водой из грунта. Характерно, что по мере естественного высушивания увлажненных образцов, прочностные свойства материала вновь улучшаются, причем закономерности, отраженные на рис. 1, практически не изменяются даже после многократного увлажнения и высушивания. Выявлено, что структурные связи в исследуемом материале являются обратимыми также при механическом разрушающем воздействии. Они могут быть восстановлены путем легкого уплотнения материала после его увлажнения до влажности, близкой к оптимальной.

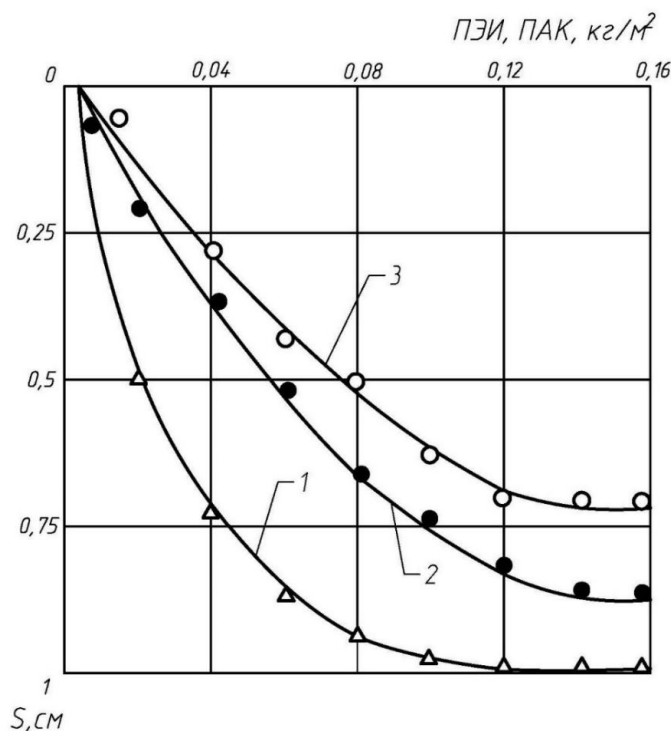


1 – песок; 2 – суглинок легкий пылеватый; 3 – суглинок тяжелый
песчанистый

Рис. 1. – Зависимость предела прочности при сжатии образцов укрепленного грунта от его относительной влажности

Отмеченные положительные свойства укрепленного материала позволяют рассчитывать на длительное обеспыливающее и противозерозионное действие поликомплексного вяжущего. Поэтому можно полагать, что однократной обработки грунта этим вяжущим будет достаточно по крайней мере на весь теплый период года [8].

На рис. 2 представлены экспериментальные значения толщины слоя грунта, укрепляемого путем поверхностной обработки поликомплексом, в зависимости от расхода комплексообразующих полимеров. Как видно из графика, толщина укрепленного слоя глинистого грунта может достигать 0,7-0,85 см и песка 1 см. При этом расход полимеров (сухого вещества) не превышает 0,1-0,14 кг/м². Для пропитки грунта поликомплексным вяжущим на глубину, равную половине указанной максимально возможной, расход полимеров уменьшается в 2,3-3 раза и составляет 0,03-0,06 кг/м².



1 – песок; 2 – суглинок легкий пылеватый; 3 – суглинок тяжелый
песчанистый

Рис. 2. – Зависимость толщины слоя грунта, укрепленного способом

пропитки, от расхода комплексообразующих реагентов ПЭИ и ПАК

Для сравнения следует отметить, что при обеспыливании грунтов на грунтовых автомобильных дорогах и аэродромах, например, с помощью битумной эмульсии этот материал необходимо распределять при норме 1-1,5 кг/м² несколько раз в течение сезона (через каждые полтора-два месяца) [9]. Систематическое увлажнение поверхности грунта, наиболее широко применяемое для борьбы с пылимостью, требует большого расхода воды, составляющего в среднем 1000-1500 л/м² за один сезон [10]. Как показали расчеты, стоимость обеспыливания грунта путем его закрепления с помощью исследуемой поликомплексной композиции может быть почти в 2 раза ниже, чем при систематическом поливе поверхности водой.

Способ укрепления поверхностного слоя грунта предлагаемым вяжущим материалом проверен в опытно-производственных условиях. При проведении эксперимента ПЭИ и ПАК растворяли в воде до расчетной концентрации в отдельных емкостях (на это затрачивается 15-20 мин). После профилирования поверхности обрабатываемого участка автогрейдером, затем по ней последовательно распределяли растворы ПЭИ и ПАК. Минимальный интервал времени между розливами растворов составляет около 30 мин. Для равномерного распределения растворов ПЭИ и ПАК по площади участка применялись автогудронаторы. Расчетную норму каждого компонента вносят в грунт за один-два прохода автогудронатора по одному следу. После доведения влажности обработанного грунта до оптимального значения производили прикатку поверхности легким катком на пневматических шинах. Эрозионную устойчивость закрепленного грунта проверяли при воздействии скоростных воздушно-тепловых потоков, создаваемых реактивным двигателем тепловой машины ТМ-59М.

Результаты исследований показывают перспективность применения новых полимерных материалов – поликомплексов для укрепления грунтов и

свидетельствуют о целесообразности проведения дальнейших работ по изучению и улучшению свойств поликомплексных композиций.

Литература

1. Utesheva A.A., Grazulevicius J.V. Specific features of uranyl ions extraction by interpolymer system based on polyacrylic acid and polyethyleneimine hydrogels // Complex Use of Mineral Resources. 2021. №4 (319). URL: doi.org/10.31643/2021/6445.42.

2. Джумадилов Т.К., Тотхускызы Б., Ыскак Л.К., Аскар Т., Гражулявичюс Ю.В. Особенности дистанционного взаимодействия гидрогелей полиакриловой кислоты и полиэтиленimina // Химический журнал Казахстана. 2021. №1 (73). С. 160-168.

3. Киселева Т.С., Волкова Н.В., Емельянов Д.Н. Пропитка и полимеризационное укрепление пористых материалов жидкими смесями мономер–растворитель // Журнал прикладной химии. 2011. Т. 84. №3. С. 478-482.

4. Литманович А.А. Композиции на основе поликомплексов: получение модификация, взаимодействие с дисперсиями // Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора химических наук / Моск. гос. автомобильно-дорожный ин-т. Москва, 1996. 57 с.

5. Новоженин В.К., Карлина И.Н. Влияние температуры грунта на степень его химического закрепления // Инженерный вестник Дона, 2013, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/268.

6. Романов И.А., Катичева И.А., Агафонов О.А. Поликомплексы для защиты почв и песков от ветровой эрозии // Вестник сельскохозяйственной науки. 1982. №7. С. 112-116.

7. Иванова Е.С. Исследование водных растворов полиакриловой кислоты // Информационные технологии как основа эффективного

инновационного развития. Сборник статей Международной научно-практической конференции. Уфа, 2024. С. 17-19.

8. Лопашук А.В., Малышев Н.М. Динамика изменения эксплуатационного состояния автомобильных дорог с переходным типом дорожной одежды // Инженерный вестник Дона, 2023, №8. URL: ivdon.ru/ru/archive/n8y2023/8601.

9. Ишмухаметов Э.М., Дмитриева Т.В. Методы обеспыливания покрытий автомобильных дорог // Актуальные проблемы строительного и дорожного комплексов. Материалы международной научно-технической конференции, посвященной 50-летию Института строительства и архитектуры ПГТУ. 2019. С. 164-166.

10. Guang Xu., Yinping Ch., Jacques E.k., Jialin Xu. Surfactant-aided coal dust suppression: A review of evaluation methods and influencing factors // Science of the Total Environment. 2018. №639. pp. 1060-1076.

References

1. Utesheva A.A., Grazulevicius J.V. Complex Use of Mineral Resources. 2021. №4 (319). URL: doi.org/10.31643/2021/6445.42.

2. Dzhumadilov T.K., Tothuskyzy B., Yskak L.K., Askar T. Himicheskiy zhurnal Kazahstana. 2021. №1 (73). pp. 160-168.

3. Kiseleva T.S., Volkova N.V., Emel'janov D.N. Zhurnal prikladnoj himii. 2011. T. 84. №3. pp. 478-482.

4. Litmanovich A.A. Kompozicii na osnove polikompleksov: poluchenie modifikacija, vzaimodejstvie s dispersijami [Polycomplex-based compositions: preparation of modification, interaction with dispersions]. Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni doktora himicheskikh nauk. Mosk. gos. avtomobil'no-dorozhnyj in-t. Moskva, 1996. 57 p.

5. Novozhenin V.K., Karlina I.N. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, №4.



URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/268.

6. Romanov I.A., Katicheva I.A., Agafonov O.A. Vestnik sel'skhozjajstvennoj nauki. 1982. №7. pp. 112-116.

7. Ivanova E.S. Sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Ufa, 2024. pp. 17-19.

8. Lopashuk A.V., Malyshev N.M. Inzhenernyj vestnik Dona, 2023, №8.
URL: ivdon.ru/ru/archive/n8y2023/8601.

9. Ishmuhametov Je.M., Dmitrieva T.V. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii, posvjashhennoj 50-letiju Instituta stroitel'stva i arhitektury PGTU. 2019. pp. 164-166.

10. Guang Xu., Yinping Ch., Jacques Ek., Jialin Xu. Science of the Total Environment. 2018. №639. pp. 1060-1076.

Дата поступления: 27.02.2024

Дата публикации: 5.04.2024