

УДК 625.7/8:661

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ

Скрыпников А.В., Козлов В.Г., Ломакин Д.В., Логойда В.С.

*Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж,
e-mail: skrypnikovvsafe@mail.ru*

Цель исследования – изучить вопрос укрепления грунтов нефтеполимерными вяжущими. Объект исследования – грунт, укрепленный комплексным вяжущим. Предмет исследования – физико-химический и химический процесс, протекающий со времени внесения реагентов в грунт. С целью выяснения условий работы дорожных одежд с покрытием из слабopочных известняков, а также для установления видов деформаций разрушений щебеночных покрытий и их состояния было выполнено обследование ряда участков лесовозной автомобильной дороги. Метод исследования – натурные наблюдения и эксперимент. Для качественного улучшения структурно-механических свойств нефтегрунтов предлагается модифицирование сырой нефти полимерными добавками, что приведет к направленным изменяющим процессам структурообразования различного рода нефтеполимерогрунтовых материалов. Ввиду малой изученности вопроса укрепления грунтов нефтеполимерными вяжущими сделаны предположения по взаимодействию компонентов комплексных вяжущих, влаги и минералов грунта. Как показали лабораторные исследования и опорное строительство, грунты, укрепленные данным комплексным вяжущим, пригодны для устройства конструктивных слоев дорожных одежд. При укреплении песчаных грунтов происходит чисто механическое проникновение и обволакивание грунтовых частиц (ввиду малого количества глинистых частиц) без образования прочной пространственной структуры. Процесс структурообразования ускоряется благодаря оптимальному механическому уплотнению смеси, так как происходит сближение частиц и увеличение числа контактов в единице объема. На втором этапе структурообразования (свыше 60–90 суток) происходит увеличение набора прочности укрепления грунтов за счет испарения легких фракций нефти, полимеризации нефти под действием природных факторов (солнечный свет и тепло) и окисления нефти в результате взаимодействия ее с кислородом воздуха. Образованные полимеры способны хорошо связывать минеральные заполнители, что в свою очередь ведет к увеличению прочностных характеристик укрепленного грунта.

Ключевые слова: комплексные вяжущие, нефть, песчаный грунт, дорожная одежда, полимеры

STUDY OF WASTE INDUSTRY FOR STRENGTHENING SOIL

Skrypnikov A.V., Kozlov V.G., Lomakin D.V., Logoyda V.S.

Voronezh State University Of Engineering Technologies, Voronezh, e-mail: skrypnikovvsafe@mail.ru

A research objective – to study a question of strengthening of soil polymeric knitting. Object of research – the soil strengthened complex knitting. An object of research – the physical and chemical and chemical process proceeding since a vnesekniya of reagents in soil. For the purpose of clarification of operating conditions of road clothes with a covering from the not durable of limestone's, and also for establishment of types of deformations of destructions the crushed stone of coverings and their state inspection of a number of sites of the forest highway has been executed. A research method – natural supervision and an experiment. For high-quality improvement of structural and mechanical properties of petros oil modifying of crude oil offered by polymeric additives that the crude oil of materials will lead to the napravklenny changing processes of different structuring. In view of small study of a question of strengthening of soil assumptions on interaction of the components complex knitting, moisture and minerals of soil are made oil polikmer knitting. As have shown the laboratory researches and basic construction, soil strengthened to data by complex knitting, are suitable for the device of constructive layers of road clothes. At an strengthening of sandy grounds there is purely mechanical striking and an obvolakivang of soil particles (in view of small quantity of clay particles) without formation of strong space structure. Process of structuration accelerates thanks to optimum mechanical consolidation of mix as there is a rapprochement of particles and increase in a pin count in unit of volume. At the second stage of structuration (over 60–90 day) there is an increase in a set of durability of strengthening of soil due to evaporation of easy fractions of oil, polymerization of oil under the influence of natural factors (a sunlight and heat) and oxidations of oil as a result of its interaction to air oxygen. Educated polymers are capable to connect well mineral fillers that in turn leads to increase in strength characteristics of the strengthened soil.

Keywords: complex knitting, oil, sandy soil, pavement, polymers

Грунты, укрепленные сырой нефтью и жидкими битумами, имеют ряд отрицательных черт: недостаточная адгезия, излишняя пластичность или деформативность, недостаточные водо- и теплоустойчивость.

В то же время применение одних полимерных материалов для укрепления грунтов в дорожном строительстве приводит

к образованию грунтовых смесей, имеющих высокие адгезионные и когезионные связи, а также прочностные свойства. Недостатком применения полимерных веществ при укреплении грунтов является их относительная дефицитность и большая стоимость, а также большая хрупкость и жесткость грунтовых смесей, трещи-

нообразование и истираемость после их уплотнения.

При использовании нефтегрунтов для устройства конструктивных слоев дорожных одежд важнейшей задачей является придание данным материалам повышенной механической прочности и теплоустойчивости, уменьшения пластичности в летнее время года.

Для качественного улучшения структурно-механических свойств нефтегрунтов наиболее верным средством является модифицирование сырой нефти полимерными добавками, что приведет к направленным изменяющим процессам структурообразования различного рода нефтеполимерогрунтовых материалов.

На наш взгляд, отходы целлюлозно-бумажного производства – сульфатно-дрожжевой бражки типа КБЖ в комплексе с высокомолекулярной нефтью – должны обладать хорошими вяжущими (склеивающими) способностями, а также гидрофобностью. Первое из этих предложений вытекает из природы КБЖ, так как в КБЖ содержатся активные группы – OH, CO, SH, ON и др., а в составе нефти более 60% составляют смолистоасфальтеновые вещества, смолы, парафины, асфальтены, то есть вязкие составляющие [1–2].

В результате взаимодействия КБЖ и нефти с минеральными частицами грунта и отвердителями (окислителями) должны происходить процессы окисления, конденсации и полимеризации, а также испарения легких фракций нефти и воды, что и обуславливает их склеивающие и вяжущие свойства. Второе предложение о гидрофобности рассматриваемых реагентов объясняется наличием в нефти поверхностно-активных веществ – смол, асфальтеновых кислот и ангидридов.

Комплексные вяжущие – нефть + КБЖ, являются механическими смесями, кото-

рые не вступают в реакцию полимеризации между собой и при вводе в них отвердителей. Длительное хранение вяжущих показывает, что происходит расслоение компонентов комплексного вяжущего на составляющие части.

Ввиду малой изученности вопроса укрепления грунтов нефтеполимерными вяжущими можно сделать некоторые предположения по взаимодействию компонентов комплексных вяжущих, влаги и минералов грунта. Данный процесс представляет собой сложный физический, физико-химический и химический процесс, протекающий со времени внесения реагентов в грунт, так и во времени.

Имеющиеся результаты позволяют сделать предположение, что структурообразование нефтеполимергрунтовых смесей происходит в два этапа. На первом этапе, в начальный период, главная роль в формировании структуры укрепленного грунта принадлежит полимерной добавке. За счет введения в грунт отвердителей происходит полимеризация смол.

При укреплении глинистых грунтов происходит физико-химическое взаимодействие на разделе фаз с комплексным вяжущим чаще всего за счет электростатической неуравновешенности грунтовой системы.

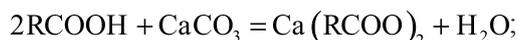
Важную роль в данном процессе играет взаимодействие асфальтогенных и нефтяных кислот, содержащихся в нефти с карбонатами кальция грунта с образованием водонерастворимых солей, что, в свою очередь, ведет к водостойкости укрепленного грунта.

Химические взаимодействия происходят по следующим схемам:

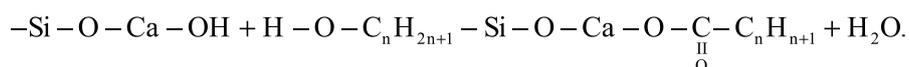
а) между лигнином КБЖ и бихроматом натрия и хромистыми соединениями катализатора К-5 [3–7]



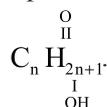
б) между карбонатами грунта с асфальтогенными и нефтяными кислотами нефти с образованием водонерастворимых кальциевых солей



в) между нефтяными и асфальтогенными кислотами нефти с содержаниями гидросиликатов кальция грунта



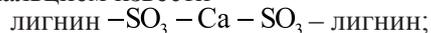
В приведенной схеме нефтяные и асфальтогенные кислоты представляются в виде



Ионы кальция являются мостиками, одновременно между кислотами и минеральными частицами грунта.

Химические взаимодействия при применении в качестве окислителя извести (пушонку) могут проходить в следующем порядке [3–7]:

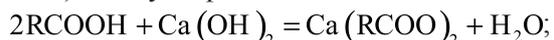
а) между сульфогруппами лигнина КБЖ и кальцием извести



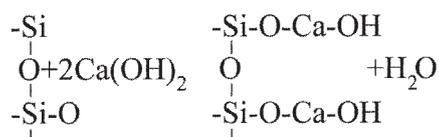
б) между фенолами лигнина КБЖ или нефти с кальцием извести

лигнин (нефть) $-\text{O} - \text{Ca} - \text{O}-$ лигнин (нефть);

в) между нефтью и известью



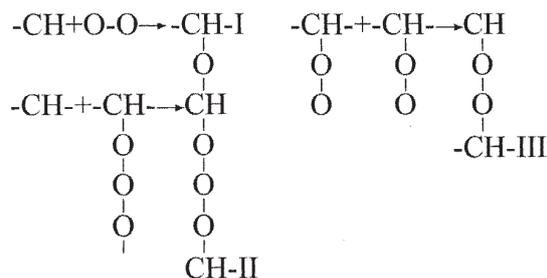
г) между кремнеземом грунта и известью [3–7]



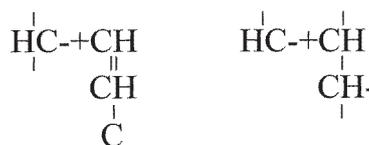
Окисление высокомолекулярных углеводородов в нефти в настоящее время объясняется теорией разветвляющихся цепей реакций, развитой академиком И.Н. Семеновым. Согласно этой теории, в окисляющемся веществе при взаимодействии с кислородом образуются активные радикалы, являющиеся новыми центрами дальнейшего развития реакции.

Первичным процессом при окислении является образование свободного углеводородного радикала. При этом, если в соединении имеется боковая метильная группа, то это способствует разрыву цепей, если же содержание легко образует двухвалентный радикал за счет раскрытия двойной связи, то происходит агрегация молекул, то есть сшивание или разветвление.

Схемы сшивания имеют вид



Схемы разветвления



Таким образом, процессы старения органических высокомолекулярных соединений нефти протекают по типу цепных реакций.

Наибольшее количество кислорода и нефти поглощается:

– соединениями, имеющими в цепях главных валентностей двойные углерод-углеродные связи;

– присутствием метильного радикала у атома углерода;

– светом с длиной волны 2800А-3000А и повышением температуры ускоряют поглощение кислорода.

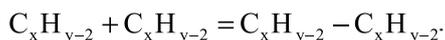
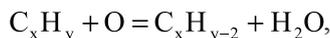
При поглощении кислорода происходит деструкция высокомолекулярных веществ с выделением газообразных и жидких веществ (CO , CO_2 , H_2O , CH_2O , CH_3CHO , RCOOH).



Дифрактометр Дрон-1

Ненасыщенные группы углеводородов, содержащиеся в нефти, сравнительно легко отдают водород, соединяющийся с кислородом воздуха, и переходят в разряд еще более ненасыщенных соединений, которые затем полимеризуются и образуют сложные высокоуглеродистые соединения.

Этот процесс протекает по следующей схеме:



В процессе старения нефти происходит изменение группового состава в начале в результате испарения легких фракций и масел, а затем накопления смол и асфальтенов и наконец превращения смол в асфальтены. Параллельно с изменением группового состава происходит изменение их структуры, повышается вязкость, теплоустойчивость, понижается пластичность [8].

Выводы

Грунт, укрепленный комплексным вяжущим, имеет смещенную структуру: коагуляционно-кристаллизационную, так как нефть при укреплении грунта образует эластичные связи ввиду малой когезии, а полимерная добавка – жесткие.

Отличительная особенность грунтов, укрепленных нефтеполимерными вяжущими, состоит в том, что структурообразование и набор прочности происходит как в воздушно-сухой, так и во влажной средах.

Данными вяжущими эффективно укреплять грунты разного гранулометрического и химико-минералогического состава.

Процесс взаимодействия грунта, воды и комплексного вяжущего можно представить по следующей схеме: при смещении вяжущего с грунтом из водного раствора КБЖ выпадают первичные полимерные агрегаты. В течение времени происходит рост цепей смол с образованием пространственных структур. Нефть и вода частично механически защемляются в образующейся сетке, частично ориентируются, а часть связывается химически. Избыточная вода будет при этом вытесняться и испаряться с легкими фракциями нефти.

Как показали лабораторные исследования и опорное строительство, грунты, укрепленные данными комплексным вяжущим, пригодны для устройства конструктивных слоев дорожных одежд. При укреплении песчаных грунтов происходит чисто механическое пронизывание и обволакивание грунтовых частиц (ввиду малого количества глинистых частиц) без образования прочной пространственной структуры [8, 12].

Процесс структурообразования ускоряется благодаря оптимальному механическому уплотнению смеси, так как происходит сближение частиц и увеличение числа контактов в единице объема. На втором этапе структурообразования (свыше 60–90 суток) происходит увеличение набора прочности укрепления грунтов за счет испарения легких фракций нефти, полимеризации нефти под действием природных факторов (солнечный свет и тепло) и окисления нефти в результате взаимодействия ее с кислородом воздуха. Образованные полимеры способны хорошо связывать минеральные заполнители, что в свою очередь ведет к увеличению прочностных характеристик укрепленного грунта.

Рентгенограммы снимались на дифрактометр Дрон-1 (рисунок).

Список литературы

1. Анализ тягово-динамических качеств тракторов [Электронный ресурс] / А.В. Скрыпников [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 4; URL: www.science-education.ru/110-9803.
2. Информационные технологии для решения задач управления в условиях рационального лесопользования / А.В. Скрыпников, Е.В. Кондрашова, Т.В. Скворцова, В.Н. Логачев, А.И. Вакулин // «Международный журнал экспериментального образования» № 2: материалы VI международной научной конференции «Современные проблемы науки и образования». – Москва, 27–29 февраля 2012 г. – С. 77–78.
3. Методы, модели и алгоритмы повышения транспортно-эксплуатационных качеств лесных автомобильных дорог в процессе проектирования, строительства и эксплуатации: монография / А.В. Скрыпников [и др.]. – Москва: издательство ФЛИНТА: Наука, 2012. – 310 с.
4. Повышение безопасности движения автомобилей и автопоездов по дорогам в районах лесозаготовок / А.В. Скрыпников [и др.] // «Международный журнал экспериментального образования» № 2: материалы VI международной научной конференции «Современные проблемы науки и образования». – Москва, 27–29 февраля 2012 г. – С. 76–77.
5. Скрыпников А.В. Роль состояния лесовозных автомобильных дорог в обеспечении удобства и безопасности движения в неблагоприятные периоды года / Скрыпников А.В., Умаров М.М., Чернышова Е.В. // Ежемесячный научный журнал «Актуальные вопросы науки, технологии и производства». – Санкт-Петербург, 2015. – № 2 (6). – С. 66–68.
6. Скрыпников А.В. Метод оптимизации планов ремонта участков лесных автомобильных дорог [Электронный ресурс] / А.В. Скрыпников, Е.В. Кондрашова, Т.В. Скворцова // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 6; URL: www.science-education.ru/100-5155 (дата обращения: 04.10.2014).
7. Скрыпников А.В. Модель определения экономических границ зон действия поставщиков материалов в условиях вероятностного характера дорожного строительства лесовозных автомобильных дорог / А.В. Скрыпников [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 8. – С. 379–385.
8. Скрыпников А.В. Оптимизация межремонтных сроков лесовозных автомобильных дорог / А.В. Скрыпников, Е.В. Кондрашова, Т.В. Скворцова // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 8–3. – С. 667–671.
9. Козлов В.Г. Исследование и проектирование структуры информационного обеспечения автомобильного транспорта / В.Г. Козлов, И.Н. Журавлев, Г.И. Котов,

М.М. Умаров // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2016. – № 1 (67). – С. 57–62.

10. Козлов В.Г. Математическая модель статистической идентификации информационного обеспечения автомобильного транспорта / В.Г. Козлов, И.Н. Журавлев, Е.В. Кондрашова, М.М. Умаров // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2016. – № 1 (67). – С. 45–51.

11. Козлов В.Г. Микроскопические модели движения транспортных потоков при перевозке грузов в агропромышленном комплексе / Козлов В.Г., Чан Ван Зи, Кондрашова Е.В., Скворцова Т.В., Чернышова Е.В. // Материалы международной научно-практической конференции «Системный анализ и моделирование процессов управления качеством в инновационном развитии агропромышленного комплекса». – Воронеж, ВГУИТ, 2015. – С. 104–113.

12. Козлов В.Г. Модернизация имитационной системы процесса функционирования автомобильных дорог с использованием информационных технологий / В.Г. Козлов, Е.В. Кондрашова, А.А. Заболотная, Т.В. Скворцова // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1–1.; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=19651>.

References

1. Analiz tjavovo-dinamicheskikh kachestv traktorov [Elektronnyj resurs] / A.V. Skrypnikov [i dr.] // *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2013. no. 4; URL: www.science-education.ru/110-9803.

2. Informacionnye tehnologii dlja reshenija zadach upravlenija v uslovijah racionalnogo lesopolzovanija / A.V. Skrypnikov, E.V. Kondrashova, T.V. Skvorcova, V.N. Logachev, A.I. Vakulin // *«Mezhdunarodnyj zhurnal jeksperimentalnogo obrazovaniya»* no. 2: materialy VI mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii «Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya». Moskva, 27–29 fevralja 2012 g. pp. 77–78.

3. Metody, modeli i algoritmy povyshenija transportno-jekspluatacionnyh kachestv lesnyh avtomobilnyh dorog v processe proektirovanija, stroitelstva i jekspluatacii: monografija / A.V. Skrypnikov [i dr.]. Moskva: izdatelstvo FLINTA: Nauka, 2012. 310 p.

4. Povysenie bezopasnosti dvizhenija avtomobilej i avtopoezdov po dorogam v rajonah lesozagotovok / A.V. Skrypnikov [i dr.] // *«Mezhdunarodnyj zhurnal jeksperimentalnogo obrazovaniya»* no. 2: materialy VI mezhdunarodnoj nauchnoj

konferencii «Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya». Moskva, 27–29 fevralja 2012 g. pp. 76–77.

5. Skrypnikov A.V. Rol sostojanija lesovoznyh avtomobilnyh dorog v obespechenii udobstva i bezopasnosti dvizhenija v neblagoprijatnye periody goda / Skrypnikov A.V., Umarov M.M., Chernyshova E.V. // *Ezhemesjachnyj nauchnyj zhurnal «Aktualnye voprosy nauki, tehnologii i proizvodstva»*. Sankt-Peterburg, 2015. no. 2 (6). pp. 66–68.

6. Skrypnikov A.V. Metod optimizacii planov remonta uchastkov lesnyh avtomobilnyh dorog [Elektronnyj resurs] / A.V. Skrypnikov, E.V. Kondrashova, T.V. Skvorcova // *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2011. no. 6; URL: www.science-education.ru/100-5155 (data obrashhenija: 04.10.2014).

7. Skrypnikov A.V. Model opredelenija jekonomicheskikh granic zon dejstvija postavshhikov materialov v uslovijah verojatnostnogo haraktera dorozhnogo stroitelstva lesovoznyh avtomobilnyh dorog / A.V. Skrypnikov [i dr.] // *Fundamentalnye issledovanija*. 2011. no. 8. pp. 379–385.

8. Skrypnikov A.V. Optimizacija mezhremontnyh srokov lesovoznyh avtomobilnyh dorog / A.V. Skrypnikov, E.V. Kondrashova, T.V. Skvorcova // *Fundamentalnye issledovanija*. 2011. no. 8–3. pp. 667–671.

9. Kozlov V.G. Issledovanie i proektirovanie struktury informacionnogo obespechenija avtomobilnogo transporta / V.G. Kozlov, I.N. Zhuravlev, G.I. Kotov, M.M. Umarov // *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernyh tehnologij*. 2016. no. 1 (67). pp. 57–62.

10. Kozlov V.G. Matematicheskaja model statisticheskoi identifikacii informacionnogo obespechenija avtomobilnogo transporta / V.G. Kozlov, I.N. Zhuravlev, E.V. Kondrashova, M.M. Umarov // *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernyh tehnologij*. 2016. no. 1 (67). pp. 45–51.

11. Kozlov V.G. Mikroskopicheskie modeli dvizhenija transportnyh potokov pri perevozke грузов v agropromyshlennom komplekse / Kozlov V.G., Chan Van Zy, Kondrashova E.V., Skvorcova T.V., Chernyshova E.V. // *Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoi konferencii «Sistemnyj analiz i modelirovanie processov upravlenija kachestvom v innovacionnom razvitii agropromyshlennogo kompleksa»*. Voronezh, VGUIT, 2015. pp. 104–113.

12. Kozlov V.G. Modernizacija imitacionnoj sistemy processa funkcionirovanija avtomobilnyh dorog s ispolzovaniem informacionnyh tehnologij / V.G. Kozlov, E.V. Kondrashova, A.A. Zabolotnaja, T.V. Skvorcova // *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2015. no. 1–1.; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=19651>.