

УДК 624.131.4
DOI: 10.21209/2227-9245-2017-23-6-13-19

ХИМИКО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ УКРЕПЛЕНИЕ ГРУНТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СТАБИЛИЗИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ «ЭЛЕМЕНТ» ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ЭРОЗИИ

CHEMICAL-BIOLOGICAL STRENGTHENING OF SOILS WITH THE USE OF STABILIZING ADDITIVE «ELEMENT» FOR PROTECTION AGAINST EROSION



Н. А. Коновалова,
Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита
zabizht_engineering@mail.ru

О. Н. Дабизжа,
Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита
dabiga75@mail.ru

Е. А. Корякина,
Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита
zabizht_engineering@mail.ru

П. П. Панков,
Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита
zabizht_engineering@mail.ru

N. Konovalova,
Transbaikal Railway Transport Institute, Chita

O. Dabizha,
Transbaikal Railway Transport Institute, Chita

E. Koryakina,
Transbaikal Railway Transport Institute, Chita

P. Pankov,
Transbaikal Railway Transport Institute, Chita

Отмечено, что эффективным решением проблемы водной и ветровой эрозии почвы является химико-биологический метод укрепления почвенного покрова с использованием экологически безопасной стабилизирующей добавки полимерного типа «Элемент», разработанной в Научно-исследовательском проектно-технологическом бюро «ЗабИЖТ-Инжиниринг» Забайкальского института железнодорожного транспорта. Химико-биологическое укрепление почвы заключается, во-первых, в ее химическом структурировании и, во-вторых, – в высаживании на структурированном грунте многолетних трав. Методами растровой электронной микроскопии показано, что суглинок после внесения стабилизирующей добавки «Элемент» содержит агрегаты частиц размером до 2,6 мм. Показано, что всхожесть семян, сухая масса наземной почвы и средняя длина стебля многолетних растений (Кострец безостый, Козлятник восточный, Тимофеевка степная, Клевер луговой) на структурированном суглинке лучше, чем на исходном. Стабилизирующая добавка «Элемент» дает возможность получить на суглинке устойчивый растительный покров, что позволяет рекомендовать ее применение в аридных зонах с целью защиты почвы от эрозии

Ключевые слова: *деградация почв; водная и ветровая эрозия; опустынивание; стабилизирующая добавка; структурирование почвы; многолетние травы; закрепление подвижных грунтов; химико-биологический метод; почвенный покров; проектно-технологическое бюро*

An effective solution to the problem of water and wind erosion of the soil is the chemical and biological method of strengthening the soil cover with the use of an environmentally friendly stabilizing additive of the polymer type «Element», developed at the Research and Design Bureau «ZabIZhT-Engineering» of the Transbaikal Railway Transport Institute. Chemical-biological strengthening of the soil is, at first, in its chemical structuring and secondly, in the planting of perennial grasses on a structured soil. By means of scanning electron microscopy it was shown that the loam after the addition of the stabilizing additive «Element» contains aggregates of particles up to

2,6 mm in size. It is shown that the germination of seeds, dry mass of terrestrial soil, and average length of the stalk of perennial plants (*Kostrets bezostny*, *Kozlyatnik vostochny*, *Timofeevka stepnaya*, *klever lygovoy*) are better than the original one on the structured loam. The stabilizing additive «Element» makes it possible to obtain a stable vegetative cover on loam, which allows us to recommend its use in arid zones in order to protect the soil from erosion

Key words: soil degradation; water and wind erosion; desertification; stabilizing agent; soil structuring; perennial herbs; fixation soil; chemical-biological method; soil cover; design and technological office

Опустынивание земель является масштабной экологической угрозой. Конвенция ООН по борьбе с опустыниванием определяет данный процесс как «деградацию земель в аридных, семиаридных и сухих субгумидных районах в результате действия различных факторов, в том числе изменения климата и деятельности человека» [6]. На территории Российской Федерации деградации подвергнуты порядка 130 млн га земель, расположенных в аридной зоне. Агроландшафты этих зон интенсивно разрушаются в результате сноса верхних горизонтов почв и подстилающих пород ветром (ветровая эрозия) и потоками воды (ветровая эрозия) [2; 4; 7–9; 11; 12], а также нерациональной хозяйственной деятельности человека. В этой связи создание экологически устойчивой структуры аридных агроландшафтов является актуальной государственной задачей.

Литературный анализ показал [1; 3; 5; 10], что синтетические полимерные соединения являются эффективным средством улучшения агрегатного состояния почв. Закрепление подвижных грунтов проводят химическими, механическими и биологическими методами, однако их синергизм может быть более эффективным способом предотвращения деградации почв.

Цель настоящей работы заключалась в применении комплексного химико-биологического метода укрепления почвенного покрова с использованием экологически безопасной стабилизирующей добавки «Элемент», разработанной в Научно-исследовательском проектно-технологическом бюро «ЗабИЖТ-Инжиниринг» Забайкальского института железнодорожного транспорта.

Под химико-биологическим методом укрепления почвенного покрова следует

понимать комплексное воздействие на почвенный покров, включающее два этапа:

1) химическое структурирование грунта с использованием стабилизирующей добавки «Элемент»;

2) биологическое укрепление структурированной почвы посредством выращивания многолетних растений.

В качестве объекта исследования использовали суглинок по ГОСТ 25100-2011, отобранный на площадке в районе Аэропорта Кадала (г. Чита, Забайкальский край), длительное время не используемой в сельском хозяйстве. Исследование тонкой структуры образцов во вторичных, отраженных и поглощенных электронах, а также поверхности и химического состава частиц выполняли с помощью растрового электронного микроскопа JSM-6510LV·JEOL (Япония) с системой микроанализа – энергодисперсионным рентгеновским спектрометром модели INCA Energy 350, Oxford Instruments (Великобритания) на базе Центра коллективного пользования «Прогресс» ФГБОУ ВО ВСГУТУ (г. Улан-Удэ, Бурятия). Пробо-подготовку образцов проводили с применением настольной напылительной установки JFC-1600 (Великобритания), предназначенной для напыления тонкого слоя платины на непроводящий образец. Небольшое количество суглинка мелкой фракции наносили на столик на двусторонний скотч. Для отведения статического заряда, образующегося на поверхности образца, столики покрывали платиной в напылительной установке и загружали в растровый электронный микроскоп.

В качестве структурообразователя использовали стабилизирующую добавку «Элемент» по ТУ5775-001-01107272-2017, экологическая безопасность которой под-

тверждена Заключением к протоколу испытаний № 1678/12.1 от 17.02.2017 г., выданным ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Забайкальском крае». Суглинок увлажняли водой и смешивали со стабилизирующей добавкой, массовая доля которой в смеси составляла 12,5 мас. %.

Биологическое укрепление грунта проводили высадкой семян многолетних растений: кострца безостого (*Bromopsis inermis*), козлятника восточного (*Galega orientalis*), тимофеевки степной (*Phleum pretense*), клевера лугового (*Trifolium pretense*). Семена проверяли на всхожесть в лабораторных условиях по ГОСТ 12038-84 по отношению к контролю (%). Равное количество семян высевали в контрольные

образцы – исходный суглинок, и в образцы суглинка, стабилизированного добавкой полимерного типа «Элемент». После посева дополнительных агротехнических мероприятий не проводили. Длину стеблей растений (мм) определяли с помощью линейки. Сухую массу наземной части растительного сырья (г) определяли после фиксации сырья при 90 °С и его высушивании при 70 °С до постоянного веса гравиметрическим методом с помощью аналитических весов Shimadzu (Япония). Данные, полученные в ходе исследований, обрабатывали статистически.

Микрофотографии исследуемых грунтов приведены на рис. 1.

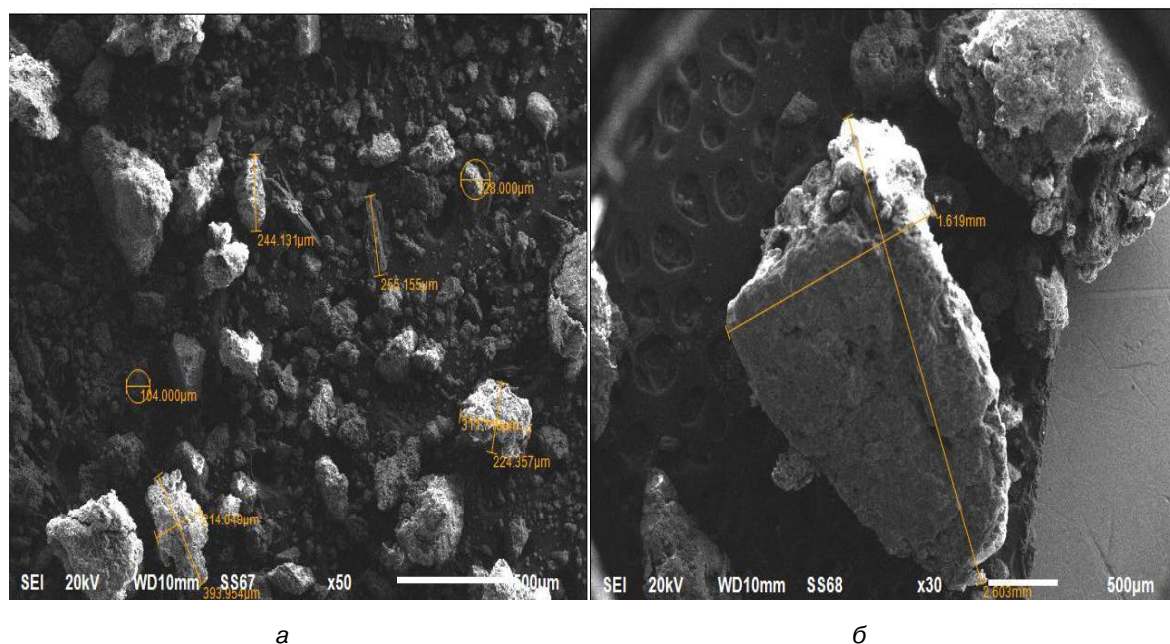


Рис. 1. Микрофотографии СЭМ исходного образца суглинка (а) и стабилизированного добавкой «Элемент» (б)

Fig. 1. Micrographs of the SEM of the initial sample of loam (a) and loam stabilized by the Additive «Element» (b)

Данные СЭМ показали, что в структуре исходного суглинка содержатся частицы песчаной и глинистой фракций размерами от 104 до 394 мкм. Выявлено, что стабилизирующая добавка «Элемент» способствует образованию вторичных грунтовых микроагрегатов с размерами частиц до 2,603 мм. Это объясня-

ется возникновением полимерно-почвенной структуры, состоящей из прочных агрегатов от 10,00 до 0,25 мм [5], которые способны выдерживать действие большого количества размывающей воды [3].

Результаты качественного и количественного рентгеноспектрального микро-

анализа исходного суглинка (Г) и структурированного суглинка (Г-«Элемент») в пересчете на 100 % приведены в таблице. Анализ данных рентгеноспектрального микроанализа исследуемых образцов (см.

таблицу) позволяет заключить, что в структурированном суглинке уменьшается в два раза содержание следующих элементов: Al; Si; K; Ca.

**Рентгеноспектральный микроанализ исследуемых почвенных образцов , %
X-ray spectral analysis of soil samples, %**

Спектр / Spectrum	C	O	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Fe	Zn
Г / G											
Max	23,36	55,02	0,53	7,38	18,00	0,17	1,45	1,32	0,56	7,99	0,40
Min	23,11	39,30	0,40	6,07	12,11	0,09	0,86	0,21	0,09	1,28	0,30
Г-«Элемент» / G-«Element»											
Max	33,35	48,06	0,41	4,54	10,82	0,20	0,77	0,78	0,19	8,26	0,30
Min	30,33	45,16	0,38	4,05	9,17	0,19	0,67	0,56	0,13	1,46	0,22

Наблюдаемые изменения обусловлены процессом структурообразования в суглинке с участием стабилизатора полимерного типа «Элемент».

Семена полностью взошли через 28...30 суток как в контрольном образце

суглинка, так и в структурированном. Обнаружено, что всхожесть семян на структурированном суглинке превышала на 5...19 % их всхожесть в контрольном образце (рис. 2).

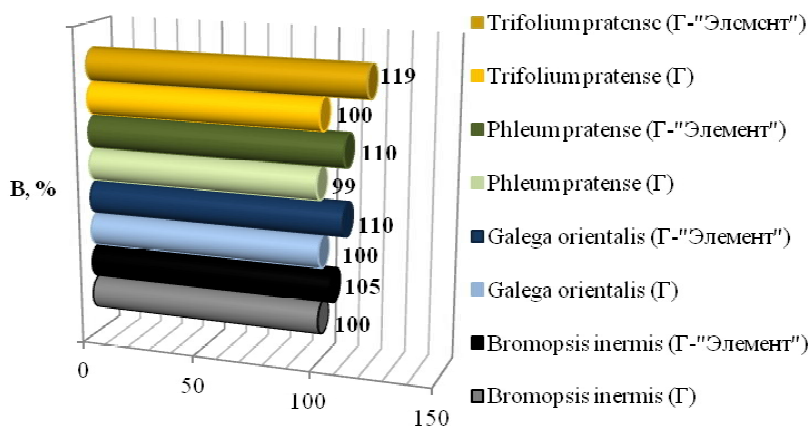


Рис. 2. Всхожесть семян многолетних растений на исследуемых грунтах
Fig. 2. Germination of seeds of perennial plants on the investigated soils

Выявлено, что средняя длина стебля составила 270...930 мм для растений, выращенных в контрольных образцах суглинка и 345...1050 мм – в структурирован-

ных. Сухая масса наземной части составила в среднем 230...575 г для контрольных образцов и 280...650 г для структурированных (рис. 3).

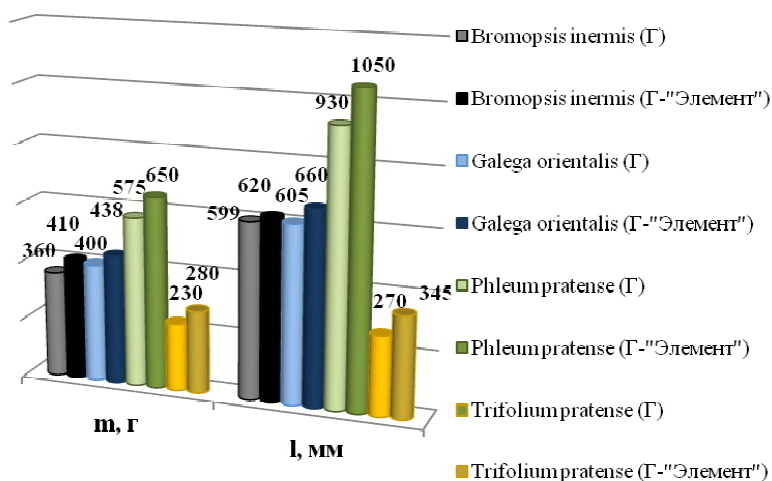


Рис. 3. Сухая масса наземной части и средняя длина стебля исследуемых растений в грунте исходном (Г) и структурированном стабилизирующей добавкой «Элемент» (Г-«Элемент»)

Fig. 3. Dry mass of the ground part and average length of the stem of the investigated plants in the soil of the initial (G) and in the soil structured by the stabilizing additive Element (G-«Element»)

Следовательно, структурированная почва не препятствует росту растений.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о целесообразности структурирования почвы с применением экологически безопасной стабилизирующей добавки «Элемент», разработанной в Забайкальском институте железнодорожного транспорта. Биометрические пока-

затели растений, выращенных в структурированном суглинке, превосходят те же характеристики в контрольных образцах, что подтверждает факт более высокой адаптивности. Стабилизирующая добавка «Элемент», применяемая для укрепления грунтов, позволяет получить устойчивый растительный покров, что делает ее применение актуальным в аридных зонах.

Список литературы

1. Алтунина Л. К., Сваровская Л. И., Филатов Д. А., Фуфаева М. С., Жук Е. А., Бендер О. Г., Сигачев Н. П., Коновалова Н. А. Полевые эксперименты по применению криогелей с целью защиты почв от водной и ветровой эрозии // Проблемы агрохимии и экологии. 2013. № 2. С. 47–52.
2. Базыкина Г. С. Гидрологическая деградация автоморфных почв в агроландшафтах // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2012. № 70. С. 43–55.
3. Бектурганова Н. Е., Шарипова А. А., Айдарова С. Б., Мусабеков К. Б., Толендина А. К. Влияние водорастворимых полиэлектролитов на водную эрозию почвы // Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. 2014. № 1. С. 92–98.
4. Иванов А. И., Воробьев В. А., Иванова Ж. А. Современные деградационные процессы в хорошо окультуренных дерново-подзолистых почвах // Проблемы агрохимии и экологии. 2015. № 3. С. 15–19.
5. Ламан Н. А., Вавилова Т. В., Судник А. Ф. Использование полимерных материалов для оструктурирования почв и субстратов закрытого грунта (Обзор) // Ботаника (исследования): сб. науч. трудов. Вып. 39. Минск: Право и экономика, 2010. С. 332–348.
6. Мандах Н., Цогтбаатар Ж., Даш Д., Ходолмор С. Система индикаторов и оценка опустынивания в Монголии // Аридные экосистемы. 2016. Т. 22. № 1 (66). С. 93–105.
7. Медведева О. Е. Стоимостная оценка вреда окружающей среде в связи с деградацией и загрязнением почв // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2013. № 129 (3). С. 24–30.

8. Трофимов И. А., Трофимова Л. С., Яковлева Е. П. Актуальные проблемы рационального природопользования и сохранения экологического равновесия в аридных зонах // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 59. С. 365–369.

9. Трофимов И. А., Трофимова Л. С., Яковлева Е. П. Деградация и опустынивание земель Сибири // Адаптивное кормопроизводство. 2015. № 4. С. 30–38.

10. Филатов Д. А., Фуфаева М. С., Овсянникова В. С., Алтунина Л. К., Копысова С. Г. Влияние криогеля на растения и физические свойства почвы в условиях полевого эксперимента // Криосфера Земли. 2016. Т. 20. № 3. С. 79–85.

11. Gabbasova I. M., Suleymanov R. R., Gapirov T. T. *Eurasian Soil Science*, 2013, vol. 46, no 2, pp. 201–211.

12. Pavlu L., Drabek O., Boruvka L., Nikodem A., Nemecek K. *Soil and Water Research*, 2015, vol. 10, no 2, pp. 65–73.

References

1. Altunina L. K., Svarovskaya L. I., Filatov D. A., Fufaeva M. S., Zhuk E. A., Bender O. G., Sigachev N. P., Konovalova N. A. *Problemy agrokhimii i ekologii* (Problems of agro-chemistry and ecology), 2013, no 2, pp. 47–52.

2. Bazykina G. S. *Byulleten Pochvennogo instituta im. V. V. Dokuchaeva* (Bulletin of the Soil Science Institute named after V. V. Dokuchaev), 2012, no. 70, pp. 43–55.

3. Bekturganova N. E., Sharipova A. A., Aidarova S. B., Musabekov K. B., Tolendina A. K. *Izvestiya Natsionalnoy akademii nauk Respubliki Kazahstan* (News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan), 2014, no. 1, pp. 92–98.

4. Ivanov A. I., Vorobiev V. A., Ivanova Zh. A. *Problemy agrokhimii i ekologii* (Problems of agro-chemistry and ecology), 2015, no. 3, pp. 15–19.

5. Laman N. A., Vavilova T. V., Sudnik A. F. *Botanika (issledovaniya)* (Botanic (Research)): Sat. Scien. Works. Issue. 39. Minsk: Law and Economics, 2010, pp. 332–348.

6. Mandakh N., Tsogtbaatar Zh., Dash D., Khodolmor S. *Aridnye ekosistemy* (Arid ecosystems), 2016, vol. 22, no. 1 (66), pp. 93–105.

7. Medvedeva O.E. *Ispolzovanie i ohrana prirodnykh resursov v Rossii* (Use and protection of natural resources in Russia), 2013, no. 129 (3), pp. 24–30.

8. Trofimov I. A., Trofimova L. S., Yakovleva E. P. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* (Proceedings of the Kuban State Agrarian University), 2016, no. 59, pp. 365–369.

9. Trofimov I. A., Trofimova L. S., Yakovleva E. P. *Adaptivnoe kormoproizvodstvo* (Adaptive fodder production), 2015, no. 4, pp. 30–38.

10. Filatov D. A., Fufaeva M. S., Ovsyannikova V. S., Altunina L. K., Kopysova S. G. *Kriosfera Zemli* (Cryosphere of the Earth), 2016, vol. 20, no. 3, pp. 79–85.

11. Gabbasova I. M., Suleymanov R. R., Gapirov T. T. *Eurasian Soil Science* (Eurasian Soil Science), 2013, vol. 46, no. 2, pp. 201–211.

12. Pavlu L., Drabek O., Boruvka L., Nikodem A., Nemecek K. *Soil and Water Research* (Soil and Water Research), 2015, vol. 10, no. 2, pp. 65–73.

Коротко об авторах

Коновалова Наталья Анатольевна, канд. хим. наук, доцент, начальник Научно-исследовательского проектно-технологического бюро «ЗабИЖТ-Инжиниринг», Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, Россия. Область научных интересов: химия элементоорганических соединений, высокомолекулярные соединения, геотехнология, строительные материалы и изделия
zabizht_engineering@mail.ru

Дабига Ольга Николаевна, канд. хим. наук, доцент, доцент кафедры «Химия», Забайкальский государственный университет, ст. научный сотрудник, Научно-исследовательское проектно-технологическое бюро «ЗабИЖТ-Инжиниринг», Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, Россия. Область научных интересов: высокомолекулярные соединения, полимерные композиционные материалы, механоактивация, модификация цеолитсодержащих пород
dabiga75@mail.ru

Корякина Елена Анатольевна, канд. биол. наук, доцент кафедры «Научно-инженерные дисциплины», Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, Россия. Область научных интересов: геоэкология, геотехнология
zabizht_engineering@mail.ru

Панков Павел Павлович, мл. научный сотрудник, Научно-исследовательское проектно-технологическое бюро «ЗабИЖТ-Инжиниринг», Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, Россия. Область научных интересов: строительные материалы и изделия, геотехнология, геоэкология
zabizht_engineering@mail.ru

Briefly about the authors

Nataliya Konovalova, candidate of chemical sciences, associate professor, head of Research and Design Bureau «ZabiZhT-Engineering», Transbaikal Railway Transport Institute, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: chemistry of organic element compound, high-molecular compound, building materials and products, geotechnology

Olga Dabizha, candidate of chemical sciences, associate professor, assistant professor, Chemistry department, Transbaikal State University, senior researcher, Research and Design Bureau «ZabiZhT-Engineering», Transbaikal Railway Transport Institute, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: high-molecular compounds, polymer composite materials, mechano-activation, modification of zeolite-containing rocks

Elena Koryakina, candidate of biological sciences, associate professor, Scientific and Engineering Disciplines department, Transbaikal Railway Transport Institute, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: geoecology, geotechnology

Pavel Pankov, junior researcher, Research and Design Bureau «ZabiZhT-Engineering», Transbaikal Railway Transport Institute, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: building materials and products, geoecology, geotechnology

Образец цитирования

Коновалова Н. А., Дабизжа О. Н., Корякина Е. А., Панков П. П. Химико-биологическое укрепление грунтов с применением стабилизирующей добавки «Элемент» для защиты от эрозии // Вестн. Забайкал. гос. ун-та. 2017. Т. 23. № 6. С. 13–19. DOI: 10.21209/2227-9245-2017-23-6-13-19.

Konovalova N., Dabizha O., Koryakina E., Pankov P. Chemical-biological strengthening of soils with the use of stabilizing additive «Element» for protection against erosion // Transbaikal State University Journal, 2017, vol. 23, no. 6, pp. 13–19. DOI: 10.21209/2227-9245-2017-23-6-13-19.

Дата поступления статьи: 20.06.2017 г.
Дата опубликования статьи: 30.06.2017 г.

