

**Р.Е. Лукпанов\*, А.С. Енкебаева, Д.В. Цыгулев,  
С.Б. Енкебаев<sup>1</sup>, Д.С. Дюсембинов**

Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева

**Информация об авторах:**

Лукпанов Рауан Ермагамбетович – PhD (МОН РК), ассоциированный профессор, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

<http://orcid.org/0000-0003-0085-9934>, email: rauan\_82@mail.ru

Енкебаева Айгерим Серикбайкызы – докторант PhD, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

<http://orcid.org/0000-0003-1036-9621>, email: aikowa\_21@mail.ru

Цыгулев Денис Владимирович – к.т.н. (ВАК РК), доцент, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

<http://orcid.org/0000-0002-7061-6992>, email: denis\_riza\_72@mail.ru

Енкебаев Серик Бейсенгалиевич – к.т.н. (ВАК РК), PhD (МОН РК), доцент, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

<http://orcid.org/0000-0002-5984-9346>, email: Yenkebayev-serik@mail.ru

Дюсембинов Думан Серикович – к.т.н. (ВАК РК), доцент, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

<http://orcid.org/0000-0001-6118-5238>, email: dusembinov@mail.ru

\*Автор корреспонденции: e-mail: rauan\_82@mail.ru

**ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ  
ЭКВИВАЛЕНТНОГО ГЕОСИНТЕТИЧЕСКОГО  
МАТЕРИАЛА ДЛЯ ЛОТКОВЫХ ИСПЫТАНИЙ**

**Аннотация.** В статье приведены результаты лабораторных исследований грунтов и геосинтетических материалов (георешетки), используемых в качестве элементов армирования грунтовой насыпи. Оценочными параметрами грунта являлись прочностные и деформационные характеристики, а основным параметром подбора для георешетки являлась осевая жесткость материала, оценка которой сводилась к измерению прочности георешетки и эквивалентного ему материала на разрыв.

**Ключевые слова:** геосинтетика, георешетка, армирование, грунты, насыпь, устойчивость, прочность на разрыв, модельные испытания, эквивалентный материал.

**Введение**

Современное использование геосинтетических материалов для улучшения свойств грунтов берет свое начало с середины 60-х годов XX столетия в Соединенных Штатах Америки. Именно тогда были предложены геосинтетические материалы, изготовленные из различных полимеров, как правило, обладающих высокой прочностью на растяжение [1]. Термин «армированный грунт» был введен французским архитектором Генри Видалем, развившим концепцию Казагранде. Именно Казагранде указал первым на то, что природные элементы (тростник, солому, ветки деревьев и кустарников) можно заменить листовыми материалами, имеющими высокую прочность на растяжение [2]. История развития отечественного производства геосинтетического материала началась в 70-80-х годах прошлого века, когда министерством транспортного строительства СССР была выдвинута директива о расширении рациональной области их использования в строительстве железных и автомобильных дорог [3].

Благодаря присущим качественно новым характеристикам современных материалов армирования их стали применять во многих областях строительства: строительство автомобильных и железных дорог, конструкциях дренажирования и гидроизоляции, конструкциях предотвращающих эрозию почв, устройство дамб, тоннелей, откосов и подпорных стенок, озеленение и благоустройство территорий [4, 5]. Сегодня большое количество различных видов геосинтетических материалов применяются в строительстве [6]. Список геосинтетических материалов из года в год пополняется новыми, более экономичными и эффективными материалами [7]. Геосинтетический материал является главным образом полимерным материалом, хотя иногда для его производства применяют каучук, стекловолокно и природный материал [8].

В статье рассматривается вопрос использования геосинтетического материала для оценки устойчивости откоса грунтовой насыпи. В данном случае в качестве элемента армирования используется георешетка из полипропилена. Основной функцией георешетки является усиление откоса насыпи и обеспечение общей устойчивости объекта исследования, которым являлась насыпь золошлакоотстойника (ЗШО) металлургического комбината в г.Темиртау. Насыпь ЗШО подвергается периодическим обрушениям по откосу, в результате смещения грунтовых масс подстилающего грунтового основания (рис. 1).

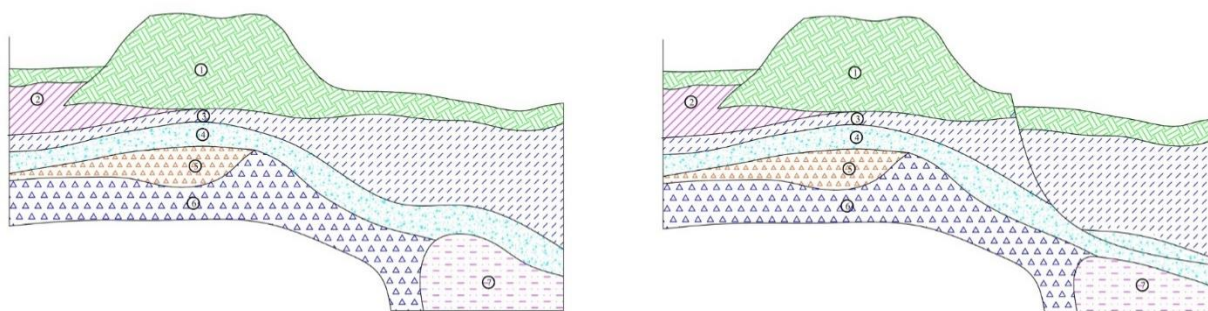


Рисунок 1 – Потеря устойчивости насыпи ЗШО [Материалы автора]

Целью исследования являлась оценка влияния геосинтетических элементов армирования на общую устойчивость насыпи ЗШО. Для реализации поставленной цели были выполнены масштабные испытания модели насыпи ЗШО в лотке, а также численное моделирование методом конечных элементов. Лотковые испытания выполнены в масштабе 1:30, в лабораторных условиях, с использованием металлического лотка. Металлический лоток представляет собой емкость, с радиально смещающимися элементами, эмитирующими перемещение грунтовых масс, в результате их вымывания. Таким образом, моделируется не сам процесс вымывания, а его последствие – перемещение грунтовых масс, в результате чего происходит потеря устойчивости насыпи (рис. 1).

В рамках данной статьи будут приведены результаты исследования и подбора геосинтетических материалов армирования и эквивалентного им материала модельных испытаний.

## Материалы и методы

Исследования по подбору эквивалентных материалов включали в себя комплекс следующих испытаний:

- одометрические испытания грунтов на компрессионное сжатие (рис. 2а);
- испытания грунтов на прямой срез (рис. 2б);
- испытания георешетки на разрыв на испытательной разрывной машине ИР 100М (рис. 2в);
- испытания эквивалентного материала георешетки на разрыв на оборудовании термомеханический анализатор ТМА (рис. 2г).



а



б



в



г

Рисунок 2 – Испытательное оборудование [Фотографии автора]

Одометрические испытания представляют собой компрессионное сжатие грунта в замкнутом пространстве с измерением вертикальной деформации образца при ступенчатом приращении нормального напряжения. Данный метод предназначен для определения деформационных характеристик (модуля общей деформации) грунта и эквивалентного материала. Испытания выполнены без замачивания грунта, при естественной его влажности. Испытания грунтов пря-

мым срезом предназначены для оценки прочностных параметров грунта: угла внутреннего трения и сцепления. Испытания выполнены при трех разных нормальных напряжениях, методом заданного смещения, также для грунта в естественном состоянии. Определение прочности на разрыв выполнено для образцов георешетки и эквивалентного материала, представленного полимерной геосеткой. Количество каждого типа испытаний составляло 5 опытных образцов для оценки статистических показателей метода определения или измерения.

Используемые в лотковых испытаниях материалы (модели насыпи и подстилающего основания) подбираются на основании общего закона динамического подобия с учетом гравитационного воздействия и внутренних напряжений.

$$\frac{N_m}{\gamma_m I} = \frac{N_r}{\gamma_r J} = K = in \nu \quad (1)$$

где  $K$  – критерий подобия;

$\gamma_m$ ;  $\gamma_r$  – удельный вес модельного и натурального грунта;

$I$ ,  $J$  – линейные размеры модели и натурной насыпи;

$N_m$ ;  $N_r$  – величина, соответствующая различным характеристикам.

Формула (1) приводится к виду (2), по которой подбираются прочностные и деформационные характеристики эквивалентных материалов:

$$N_m = \frac{i}{J} \cdot \frac{\gamma_m}{\gamma_r} \cdot N_r \quad (2)$$

Поскольку расчетная ситуация рассматривается в плоской постановке, то нормальная жесткость ( $EA$ ) будет определена из условия сопротивления (прочности) растяжению георешетки ( $F$ ), шириной 1 метр (рис. 3). Значение прочности на растяжение было получено испытаниями на разрывной машине для одного стержня, таким образом, заданная нормальная жесткость определялась следующим образом:

$$EA = \sigma_t \cdot S \cdot n, \text{ кН/м}, \quad (3)$$

где  $EA$  – нормальная жесткость,  $\text{kN/m}$ ;  $\sigma_t$  – прочность на растяжение одного стержня георешетки,  $\text{kN/m}^2$ ;  $S$  – поперечная площадь одного стержня георешетки,  $\text{м}^2$ ,  $n$  – количество стержней в георешетке, шириной 1 метр,  $\text{м}^{-1}$ .

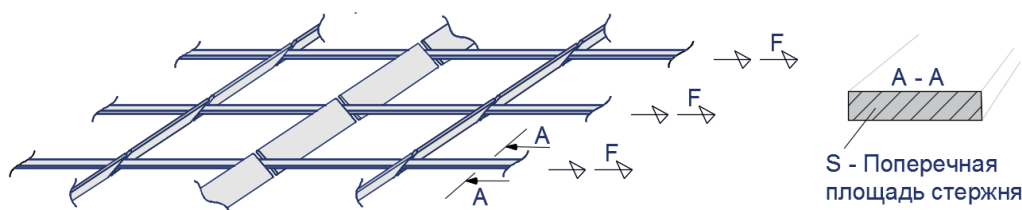


Рисунок 3 – Геометрия георешетки [Материалы автора]

## Результаты и обсуждения

Результаты испытаний грунтов на компрессионное сжатие представлены на рис. 3. По основной вертикальной оси показаны частные и среднее значения коэффициентов сжимаемости трех опытных образцов, а по вспомогательной вертикальной оси частные и средние значения модулей деформаций тех же образцов.

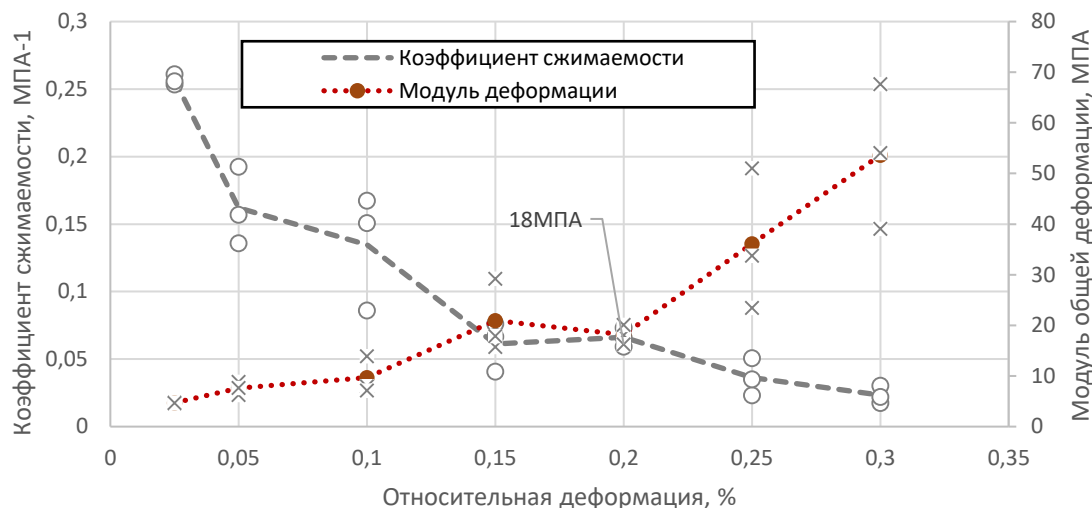


Рисунок 3 – Результаты компрессионных испытаний  
[Материалы автора]

Согласно полученным результатам, средние значения модулей общей деформации ( $E$ ) и коэффициента сжимаемости ( $m$ ) составили: при нормальном давлении  $\sigma=0,1$  МПа,  $E=9,68$  МПа,  $m=0,135$  МПа<sup>-1</sup>; при  $\sigma=0,2$  МПа,  $E=18,15$  МПа,  $m=0,007$  МПа<sup>-1</sup>; при  $\sigma=0,3$  МПа,  $E=53,61$  МПа,  $m=0,00065$  МПа<sup>-1</sup>. Для дальнейшего подбора эквивалентного материала будет использован модуль деформации при стандартном нормальном напряжении 0,2 МПа. Частные значения моделей деформации, соответствующие данному напряжению, имеют высокую сходимость: квадратичное отклонение не превышает 2 МПа, коэффициент вариации в пределах 10%. Коэффициенты сжимаемости, аналогично, имеют высокую степень сходимости: квадратичное отклонение не превышает 0,0007 МПа<sup>-1</sup>, коэффициент вариации в пределах 10%.

На рисунке 4 представлены результаты испытаний грунтов на прямой срез. По оси абсцисс представлены результаты задаваемого нормального напряжения (100, 200 и 300 кПа), на оси ординат представлены полученные касательные напряжения при срезе образца.

Согласно результатам испытаний, получены осредненные значения угла внутреннего трения и сцепления, которые составляют  $\varphi=23$  градусов и  $c=7$  кПа соответственно. Средние значения угла внутреннего трения при нормальном напряжении 100 кПа составили 27,5 градусов, при 200 кПа значения составили 22,7 градусов, при 300 кПа – 24,5 градусов. Частные значения сцепления варьируются от 6,2 до 7,5 кПа, при этом коэффициент вариации составляет 0,1 при квадратичном отклонении 0,7 кПа, что свидетельствует о тесной связи полученных значений. Относительно тесная связь наблюдается у полученных углов



внутреннего трения, средний коэффициент вариации составляет 0,14, что свидетельствует о том, что отклонения полученных значений в среднем составляют 14% (но не превышает 20% при анализе частных значений).

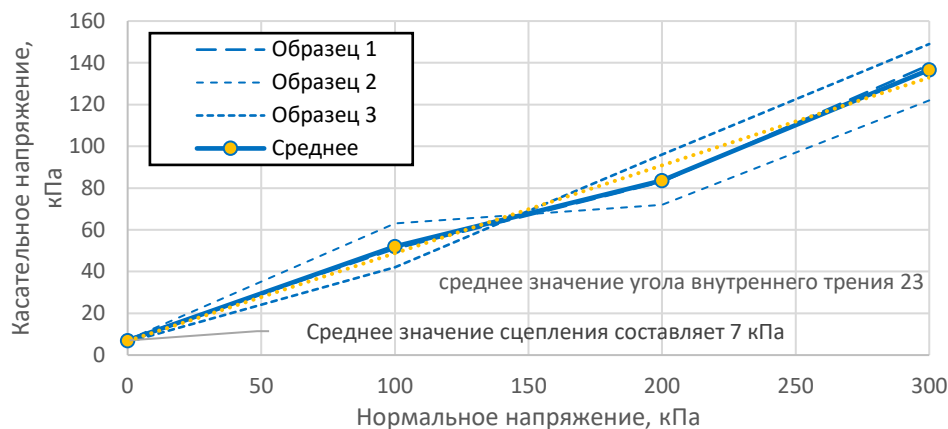


Рисунок 4 – Результаты испытаний грунтов на прямой срез [Материалы автора]

На рисунке 5 представлены результаты испытаний георешетки на разрыв. Испытания проведены по траектории MD (machine direction) – направление по ходу машины.

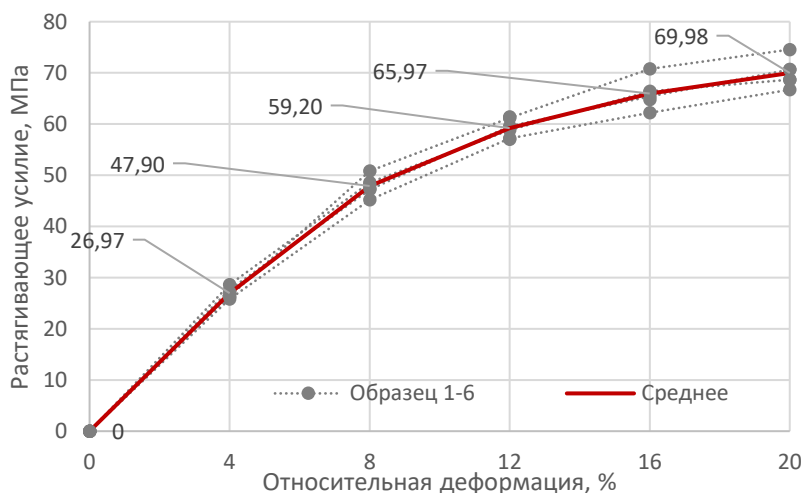


Рисунок 5 – Прочность георешетки на разрыв [Материалы автора]

Максимальные растягивающие усилия одного стержня георешетки составляют, в среднем  $139,96 \text{ МН/м}^2$ , при квадратичном отклонении 5,36, коэффициент вариации составил 3,83%. При проектировании геосинтетических элементов в качестве армирования, за предельно допустимую относительную деформацию, при определении прочностных и деформационных характеристик, принимают 2%. Растягивающие усилия одного стержня георешетки при растяжении 2% составляют, в среднем  $26,96 \text{ МН/м}^2$ , при квадратичном отклонении 1,04 коэффициент вариации составил 3,85%. Во всех случаях, частные значения имеют тесную связь и высокую степень сходимости, при доверительной вероятности 95%.

Принимаем осевую жесткость элемента армирования  $EА=14,0$  кН/м (при шаге георешетки 5 см, сечением  $1 \times 5$  мм) для плоской задачи в Plaxis. Для определения осевой жесткости элементов армирования модели воспользуемся законом динамического подобия на 1 м натурной дамбы или 1/30 м моделируемой дамбы. Таким образом, осевая жесткость модельного элемента армирования (при плотности натурной георешетки  $970$  кг/см<sup>2</sup> и плотности эквивалентного материала армирования  $750$  кг/см<sup>2</sup>) составляет,  $EА=0,36$  кН/м. То есть полоса эквивалентного материала, шириной 3,3 см, должна выдержать груз, массой 36,7 кг. Если переходить к геометрии эквивалентного материала, то получим следующие пропорции, табл. 1.

Таблица 1 – Требуемые характеристики модели георешетки

Шаг сетки, см	Количество в 1 масштабном метре (3,3 см)	Нагрузка на 1 стержень, кг	Нагрузка на стержень, Н	Площадь сечения, м	Радиус, мм
0,5	7,67	4,78	46,95	6,70807E-07	0,46
0,75	5,44	6,74	66,12	9,44606E-07	0,55
1,0	4,33	8,47	83,08	1,18681E-06	0,61

В качестве элемента армирования была использована геосинтетическая сетка из полиэстера, шагом 0,5 см. Прочность волокна модельной геосетки определена методом разрыва на испытательном оборудовании термомеханический анализатор ТМА-1000, предназначенном для испытаний термических и механических характеристик малых образцов (рис. 6). Всего было испытано 6 образцов из условия статистической обработки результатов данных. Главным критерием оценки было удовлетворение требованиям осевой жесткости 360 кН/м и более.

Согласно результатам испытаний волокон сетки эквивалентного элемента армирования, прочность на растяжение варьируется от 87 до 115 Н, что соответствует шагу 1,0 мм, но не противоречит используемой сетке с шагом волокон 0,5 мм.

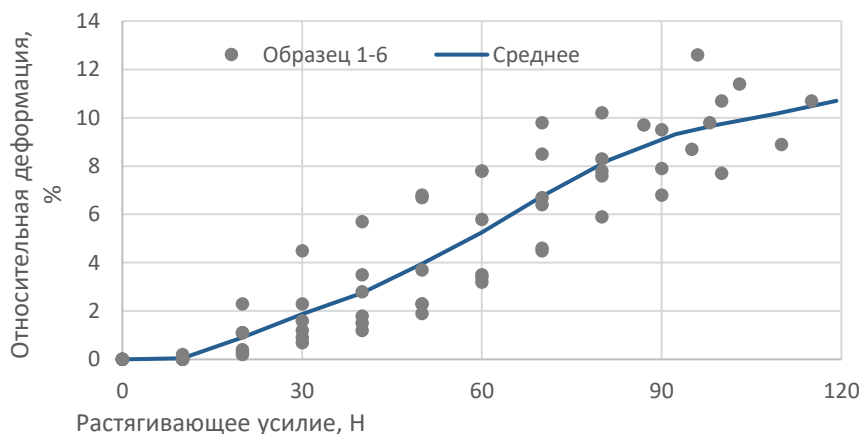


Рисунок 6 – Испытание синтетического волокна модельной геосетки [Материалы автора]

Максимальным растягивающим усилия соответствует относительное перемещение в пределах от 8,7 до 11,4%. Средняя прочность на растяжение составляет 99 кН или 10 кг, при среднем относительном удлинении 10,48 %. Полученные результаты прочности имеют тесную связь, квадратичное отклонение частных значений составляет 9,4 Н, чему соответствует коэффициент вариации, не превышающий 9,5%. Последнее подтверждает надежность полученных результатов, как и самого метода оценки.

### **Заключение**

Для оценки общей устойчивости насыпи ЗШН методом модельных испытаний (а в последующем и численным моделированием) был выполнен комплекс лабораторных испытаний по подбору эквивалентах материалов с учетом фактора масштабирования 1:30.

Согласно результатам компрессионных испытаний, были получены деформационные показатели грунта ЗШН, в частности средние значения модуля общей деформации  $E = 18$  МПа и коэффициента сжимаемости  $m = 0,066$  МПа<sup>-1</sup>, которые необходимы для оценки и подбора эквивалентного материала методом динамического подбора.

Согласно результатам испытаний на срез, были получены прочностные показатели грунта ЗШН, в частности средние значения сцепления  $c = 7$  кПа и угла внутреннего трения  $\varphi = 23^{\circ}$ , которые также необходимы для подбора эквивалентного материала.

Согласно результатам испытаний георешетки на разрыв, максимальные растягивающие усилия одного стержня георешетки составляют, в среднем 139,96 МН/м<sup>2</sup>. Согласно результатам испытаний волокон эквивалентного элемента армирования, прочность на растяжение варьируется от 87 до 115 Н, которым соответствуют относительные перемещения в пределах от 8,7 до 11,4%. Полученная средняя прочность на растяжение составляет 99 кН или 10 кг, что соответствует шагу 1,0 мм, но не противоречит используемой для моделирования сетки с шагом волокон 0,5 мм.

Полученные результаты будут использованы в дальнейших исследованиях, для проведения масштабных модельных испытаний в масштабе 1:30.

### **Литература:**

1. Zhaksybekova, Z., Lukpanov, R., Shakhmov, Z., & Yenkebayev, S. (2018). Test of ground embankment model with the use of geosynthetic elements of reinforcement to static external load. Paper presented at the 11th International Conference on Geosynthetics 2018, ICG 2018, 1 544-549.
2. Kim, Y., Kotwal, A. R., Cho, B., Wilde, J., & You, B. H. (2019). Geosynthetic reinforced steep slopes: Current technology in the united states. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(10) doi:10.3390/app9102008.
3. Zhang, J., Li, X., Ding, L., & Xiao, Y. (2022). Reinforcement effect investigation of geogrids in the junction between new and existing subgrades in highway widening. *Journal of Testing and Evaluation*, 50(5) doi:10.1520/JTE20210223.
4. Lukpanov, R. E. (2016). Laboratory modeling of soil dam reinforced by geosynthetic material. Paper presented at the Challenges and Innovations in Geotechnics - Proceedings of the 8th Asian Young Geotechnical Engineers Conference, 8AYGEC 2016, 159-162.



5. Tang, H. (2020). *Application of geosynthetics in highway engineering* doi:10.1007/978-981-15-2349-6\_59.
6. Nguyen, T. - & Yang, K. (2018). *Geosynthetic-reinforced soil slopes with different backfills and reinforcements subjected to rainfall infiltration. Paper presented at the 11th International Conference on Geosynthetics 2018, ICG 2018, , 4 3339-3353.*
7. Lu, L., Lin, H., Wang, Z., Xiao, L., Ma, S., & Arai, K. (2021). *Experimental and numerical investigations of reinforced soil wall subjected to impact loading. Rock Mechanics and Rock Engineering, 54(11), 5651-5666. doi:10.1007/s00603-021-02579-9.*
8. Lukpanov, R. E. (2016). *Laboratory modelling of soil testing embankment reinforced by geosynthetic elements. Paper presented at the GA 2016 - 6th Asian Regional Conference on Geosynthetics: Geosynthetics for Infrastructure Development, Proceedings, 392-398.*

#### **References:**

1. Zhaksybekova, Z., Lukpanov, R., Shakhmov, Z., & Yenkebayev, S. (2018). *Test of ground embankment model with the use of geosynthetic elements of reinforcement to static external load. Paper presented at the 11th International Conference on Geosynthetics 2018, ICG 2018, 1 544-549. [in Eng.]*
2. Kim, Y., Kotwal, A. R., Cho, B., Wilde, J., & You, B. H. (2019). *Geosynthetic reinforced steep slopes: Current technology in the united states. Applied Sciences (Switzerland), 9(10) doi:10.3390/app9102008. [in Eng.]*
3. Zhang, J., Li, X., Ding, L., & Xiao, Y. (2022). *Reinforcement effect investigation of geogrids in the junction between new and existing subgrades in highway widening. Journal of Testing and Evaluation, 50(5) doi:10.1520/JTE20210223. [in Eng.]*
4. Lukpanov, R. E. (2016). *Laboratory modeling of soil dam reinforced by geosynthetic material. Paper presented at the Challenges and Innovations in Geotechnics - Proceedings of the 8th Asian Young Geotechnical Engineers Conference, 8AYGEC 2016, 159-162. [in Eng.]*
5. Tang, H. (2020). *Application of geosynthetics in highway engineering* doi:10.1007/978-981-15-2349-6\_59. [in Eng.]
6. Nguyen, T. - & Yang, K. (2018). *Geosynthetic-reinforced soil slopes with different backfills and reinforcements subjected to rainfall infiltration. Paper presented at the 11th International Conference on Geosynthetics 2018, ICG 2018, 4 3339-3353. [in Eng.]*
7. Lu, L., Lin, H., Wang, Z., Xiao, L., Ma, S., & Arai, K. (2021). *Experimental and numerical investigations of reinforced soil wall subjected to impact loading. Rock Mechanics and Rock Engineering, 54(11), 5651-5666. doi:10.1007/s00603-021-02579-9. [in Eng.]*
8. Lukpanov, R. E. (2016). *Laboratory modelling of soil testing embankment reinforced by geosynthetic elements. Paper presented at the GA 2016 - 6th Asian Regional Conference on Geosynthetics: Geosynthetics for Infrastructure Development, Proceedings, 392-398. [in Eng.]*

**Р.Е. Лукпанов\*, А.С. Енкебаева, Д.В. Цыгулев,  
С.Б.Енкебаев, Д.С. Дюсембинов**

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университеті, Астана, Қазақстан

#### **Авторлар туралы ақпарат:**

Лукпанов Рауан Ермагамбетович – PhD (ҚР БҒМ), қауымдастырылған профессор, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

<http://orcid.org/0000-0003-0085-9934>, email: [rauan\\_82@mail.ru](mailto:rauan_82@mail.ru)

Енкебаева Айгерим Серикбайқызы – докторант PhD, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

<http://orcid.org/0000-0003-1036-9621>, email: [aikowa\\_21@mail.ru](mailto:aikowa_21@mail.ru)

Цыгулев Денис Владимирович – т.ғ.к. (ҚР ЖАК), доцент, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан  
<http://orcid.org/0000-0002-7061-6992>, email: denis\_riza\_72@mail.ru  
Енкебаев Серик Бейсенғалиевич – т.ғ.к. (ҚР ЖАК), PhD (ҚР БҒМ), доцент, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан  
<http://orcid.org/0000-0002-5984-9346>, email: Yenkebayev-serik@mail.ru  
Дюсембинов Думан Серикович – т.ғ.к. (ҚР ЖАК), доцент, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан  
<http://orcid.org/0000-0001-6118-5238>, email: dusembinov@mail.ru

## НАУАЛЫҚ СЫНАҚТАРҒА АРНАЛҒАН БАЛАМАЛЫ ГЕОСИНТЕТИКАЛЫҚ МАТЕРИАЛДЫ ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ

**Аңдатпа.** Мақалада топырақ үйіндісін арматуралау элементтері ретінде пайдаланылатын топырақтар мен геосинтетикалық материалдарды (георешеткалар) зертханалық зерттеу нәтижелері келтірілген. Топырақтың бағалау параметрлері беріктік пен деформация сипаттамалары болды, ал георешетка үшін таңдаудың негізгі параметрі материалдың осьтік қаттылығы болды, оның бағасы георешетка мен оған балама материалдың беріктігін өлшеуге дейін азайтылды.

**Түйін сөздер:** геосинтетика, геогрид, арматура, топырақ, жағалау, тұрақтылық, созылу күші, модельді сынау, балама материал.

**R.E. Lukpanov\*, A.S. Yenkebayeva, D.V. Tsygulyov,  
S.B. Yenkebayev, D.S. Dyusembinov**

L.N. Gumilev Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

### Information about the authors:

Lukpanov Rauan Ermagambetovich – PhD (MES RK), associated professor, L.N. Gumilev ENU, Astana, Kazakhstan  
<http://orcid.org/0000-0003-0085-9934>, email: rauan\_82@mail.ru  
Yenkebayeva Aygerim Serikbaykizy – PhD student, L.N. Gumilev ENU, Astana, Kazakhstan  
<http://orcid.org/0000-0003-1036-9621>, email: aikowa\_21@mail.ru  
Tsygulyov Denis Vladimirovich – Candidate of Science (VAK RK), Associate Professor, L.N. Gumilyov ENU, Astana, Kazakhstan  
<http://orcid.org/0000-0002-7061-6992>, email: denis\_riza\_72@mail.ru  
Yenkebaev Serik Beysengaliyevich – PhD (MES RK), Associate Professor, L.N. Gumilyov ENU, Astana, Kazakhstan  
<http://orcid.org/0000-0002-5984-9346>, email: Yenkebayev-serik@mail.ru  
Dyussembinov Duman Serikovich – Candidate of Science (VAK RK), Associate Professor, L.N. Gumilyov ENU, Astana, Kazakhstan  
<http://orcid.org/0000-0001-6118-5238>, email: dusembinov@mail.ru

## LABORATORY STUDIES OF EQUIVALENT GEOSYNTHETIC MATERIAL FOR FLUME TESTS

**Abstract.** The article presents the results of laboratory research of soils and geosynthetic materials (geogrids) used as reinforcement elements of soil embankments. The strength and deformation characteristics were the estimated parameters of the soil, and the main parameter of selection for geogrid was the axial stiffness of the material, the assessment of which was reduced to measuring the tensile strength of geogrid and its equivalent material.

**Keywords:** geosynthetics, geogrid, reinforcement, soils, embankment, stability, tensile strength, model tests, equivalent material.