



# **ТРЕШНИКОВСКИЕ ЧТЕНИЯ-2017**



**Ульяновск-2017**

**Оргкомитет конференции**

Почетный председатель: Артур Николаевич Чилингаров – д-р геогр. наук, первый вице-президент РГО, член-корр. РАН.  
Сопредседатели: Сергей Иванович Морозов – Губернатор Ульяновской области;  
Тамара Владимировна Девяткина – канд. эконом. наук, ректор ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И. Н. Ульянова», доц., Заслуженный учитель РФ.  
Заместители председателя: Екатерина Владимировна Уба – первый заместитель Председателя Правительства Ульяновской области;  
Александр Александрович Лобжанидзе – д-р пед. наук, проф., зав. каф. экономической и социальной географии ФГБОУ ВО «Московский педагогический государственный университет», член Ученого Совета;  
Игорь Игоревич Егоров – председатель координационного совета УОО РГО, председатель Счетной палаты Ульяновской области;  
Члены оргкомитета: Владислав Александрович Румянцев – д.г.н., проф., научный руководитель Института Озероведения РАН, академик РАН;  
Сергей Сергеевич Панчин – глава города Ульяновска;  
Алексей Владимирович Гаев – глава администрации города Ульяновска;  
Раис Рамазанович Загидуллин – министр образования и науки Ульяновской области;  
Михаил Иванович Семёнкин – министр сельского, лесного хозяйства и природных ресурсов Ульяновской области;  
Дмитрий Васильевич Федоров – первый заместитель Главы администрации Сенгилеевского района Ульяновской области;  
Сергей Александрович Андрианов – генеральный директор гостиницы «Венец»;  
Наталья Анатольевна Ильина – д.б.н., проф., проректор по научной работе ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И. Н. Ульянова»;  
Владимир Николаевич Федоров – к.г.н., доцент, декан естественно-географического факультета ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И. Н. Ульянова»;  
Елена Юрьевна Анисимова – к.и.н., доцент, зав. кафедрой географии и экологии ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И. Н. Ульянова»;  
Александр Иванович Золотов – канд. геогр. наук, доц. каф. географии и экологии ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И. Н. Ульянова», председатель УОО РГО;

**Программный комитет конференции**

Председатель:

Александр Александрович Лобжанидзе – заведующий кафедрой экономической и социальной географии, доктор педагогических наук, профессор ФГБОУ ВО «Московский педагогический государственный университет», член Ученого Совета РГО.

Члены программного комитета:

Дмитрий Викторович Лобжанидзе – кандидат географических наук, доцент кафедры географии ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева».

Олег Петрович Ермолаев – доктор географических наук, профессор кафедры ландшафтной экологии ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет».

Владимир Александрович Кошевой – заведующий кафедрой физической географии и геоэкологии, кандидат географических наук, доцент ФГБОУ ВО «Московский педагогический государственный университет».

Василий Вингеревич Митта – доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Палеонтологического института имени А.А. Борисяка РАН.

Дмитрий Владимирович Молодцов – редактор-методист по географии Центра естественно-научных дисциплин издательства «Русское слово», учитель географии ГБОУ гимназия № 1570 г. Москва.

Инна Витальевна Никонорова – заведующий кафедрой физической географии и геоморфологии, кандидат географических наук, доцент ФБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», Председатель Чувашского республиканского отделения РГО.

Татьяна Васильевна Субботина – и.о. заведующего кафедрой социально-экономической географии, кандидат географических наук, доцент ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет».

Елена Ивановна Тихомирова – заведующий кафедрой экологии, доктор биологических наук, профессор ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.».

Алексей Михайлович Токранов – директор, заведующий лабораторией гидробиологии, доктор биологических наук ФГБУН «Камчатский филиал Тихоокеанского института географии Дальневосточного отделения Российской Академии наук».

Алексей Владимирович Чернов – доктор географических наук, доцент, ведущий научный сотрудник НИЛ эрозии почв и русловых процессов ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»

**Редакционная коллегия**

Наталья Анатольевна Ильина – д-р биол. наук, проректор по научной работе, проф. каф. географии и экологии ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И. Н. Ульянова»;

Елена Александровна Артемьева – д-р биол. наук, проф. каф. географии и экологии ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И. Н. Ульянова»;

Владимир Николаевич Федоров – канд. геогр. наук, декан естественно-географического факультета, доц. каф. географии и экологии ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И. Н. Ульянова»;

Елена Юрьевна Анисимова – канд. ист. наук, доц., зав. каф. географии и экологии ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И. Н. Ульянова»;

Александр Иванович Золотов – канд. геогр. наук, доц. каф. географии и экологии ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И. Н. Ульянова», председатель УОО РГО;

Азат Корбангалиевич Идиатуллоу – канд. ист. наук, доц. каф. географии и экологии ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И. Н. Ульянова»;

Ираида Евгеньевна Канцерова – асс. каф. географии и экологии ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И. Н. Ульянова»;

Наталья Юрьевна Летьярина – асс. каф. географии и экологии ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И. Н. Ульянова».

Елена Александровна Темаева – асс. каф. географии и экологии ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И. Н. Ульянова».

Евгения Александровна Вилкова – канд. биол. наук доц. каф. географии и экологии ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И. Н. Ульянова».

**Рецензенты**

Семенов Дмитрий Юрьевич – канд. биол. наук, доц. кафедры биологии, экологии и природопользования ФГБОУ ВО "УлГУ", Золотухин Вадим Викторович – д-р биол. наук, проф. каф. биологии и химии, ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И. Н. Ульянова».

**Статьи публикуются в авторской редакции**

**Т 66** Трешниковские чтения – 2017: Современная географическая картина мира и технологии географического образования: Мат-лы всерос. науч.-практ. конф. / под. ред. Н. А. Ильиной, Е. А. Артемьевой, В. Н. Федерова и др. – Ульяновск: ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И. Н. Ульянова», 2017. – 306 с.

**ISBN 978-5-86046-895-6**

В сборнике представлены оригинальные доклады авторов по основным направлениям конференции: физическая география в современном мире: проблемы и перспективы, социально-экономическое развитие территорий и гуманитарная география, экология и биоразнообразие, технологии охраны природы, современные геолого-палеонтологические исследования, непрерывное географическое образование

**УДК 372.8:55:332**  
**ББК 26+65.04+74.262.6**

© Коллектив авторов, текст, 2017  
© УлГПУ им. И. Н. Ульянова, 2017

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИНТЕНСИВНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ЭКЗОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

**Артур Маратович Гафуров**

аспирант Казанского (Приволжского)  
федерального университета, г. Казань

**Евгения Анатольевна Веденева**

аспирант Казанского (Приволжского)  
федерального университета, г. Казань

**Олег Петрович Ермолаев**

доктор географических наук, профессор  
Казанского (Приволжского) федерального  
университета, г. Казань

**Булат Мансурович Усманов**

ассистент Казанского (Приволжского)  
федерального университета, г. Казань

**Аннотация.** В статье рассматриваются методика и результаты лазерного сканирования осыпных, оползневых и эрозионных склонов.

**Ключевые слова:** эрозия, опасные экзогенные процессы, наземное лазерное сканирование.

**Annotation.** Paper examines methodology and results of laser scanning of talus, landslide and erosion slopes.

**Keywords:** erosion, dangerous exogenous processes, terrestrial laser scanning.

В настоящее время существует большой набор методов для регистрации и оценки интенсивности экзогенных процессов, однако, ни один из методов не дает исчерпывающей информации по количественной характеристике и механизму опасных процессов на склонах. В данной статье для оценки опасности процессов, протекающих на склонах, был использован метод наземного лазерного сканирования (НЛС) позволяющий оперативно фиксировать изменения, происходящие в уже смещенных грунтовых массах и определить с высокой точностью реальную картину объемов переработанного грунта.

В России применение технологии наземного лазерного сканирования для мониторинга опасных экзогенных процессов не получило широкого развития, в то время как за рубежом НЛС активно используется в естественных науках, становясь важной составляющей ландшафтных исследований.

Технология лазерной съемки часто используется для решения практических задач, например, мониторинга оползней, которые представляют угрозу для безопасной эксплуатации транспортных коммуникаций, проходящих по склону. Для проведения подобного мониторинга применяются различные методики, в частности, «Stop and Go» [2], пространственная привязка данных, основанная на взвешенном преобразовании параметров для получения более точной информации [1].

Особенно эффективно использование НЛС при мониторинге ручейковой и плоскостной эрозии, что является принципиально важной задачей, поскольку на эти виды эрозии приходится более 2/3 поверхности склона и почти все площади распаханной земель [8, 9]. Благодаря высокой производительности сканирующих систем вкупе с геодезическим обоснованием положения станции достигаются невозможные для традиционных методов результаты.

Внедрение НЛС часто сопровождается проведением различного рода экспериментов, направленных на изучение возможностей применения метода, оценку его точности, выявление преимуществ и недостатков. В качестве примеров можно привести разработку методики по фиксации смещений миллиметрового масштаба [1]; эксперимент с контролируемыми осадками [5].

### Наблюдательные участки

Для проведения работ по оценке интенсивности экзогенных процессов были выбраны несколько участков. Первый – Печищинский геологический разрез (рис. 1), который является естественным обнажением, вскрывающим классический разрез Пермской системы. Данный геологический объект сложен осадочными горными породами, имеющими невысокую твердость, поэтому происходящие здесь процессы обваливания и осыпания вызваны физическим выветриванием.

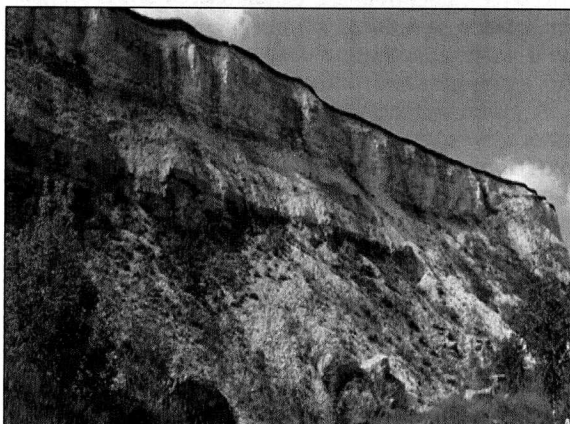


Рис.1. Участок Печищинского геологического разреза

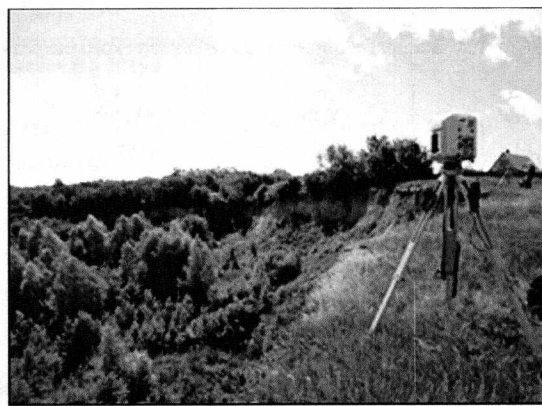
Для наблюдения за оползевыми процессами было выбрано 2 участка береговой линии в пгт Камское Устье – в районе старого кладбища и у пристани (рис. 2).

На участке «Старое кладбище» в результате действия оползневых процессов сформировался крупный оползневой цирк. Склон сложен делювиально-солифлюкционными суглинками.

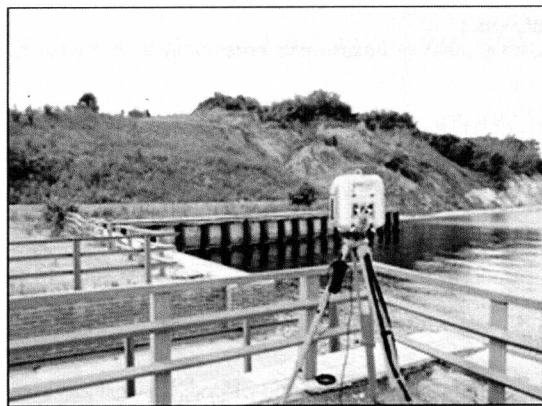
Юго-западная часть стенки срыва разрушает старое кладбище. Процессы на оползневом уступе протекают по типу обваливания.

На участке «Пристань» получили развитие не только оползневые, но и абразионные процессы. В верхней части склона, сложенной тяжелыми и средними делювиально-солифлюкционными суглинками, происходит обрушение и сползание блоков разного объема до уреза воды. В нижней части склона образуется абразионный уступ в результате размыва со стороны водохранилища.

Для изучения склоновых эрозионных процессов было выбрано два участка на левом склоне р.Казанка (рис. 3). Исследуемый склон, сложенный делювиально-солифлюкционными суглинками, имеет средний уклон 31.5 град., юго-западную экспозицию; средняя длина склона составляет 18 м. Проведена оценка возможности изучения методами НЛС плоскостной и микроручейковой эрозии.



а)



б)

Рис.2. Наблюдательные участки в п.г.т. Камское Устье а) «Старое кладбище»; б) «Пристань»

### Методика

Работы по оценке интенсивности экзогенных процессов можно разделить на два этапа: полевой и камеральный. Полевые работы проводились с 2012 года. В качестве сканирующего прибора нами были выбраны НЛС Trimble GX и роботизированный тахеометр с функцией сканирования Trimble VX. Кроме того, на участке на левом берегу р. Казанка нами был использован сканер Trimble TX8. Несмотря на использование различного оборудования, методика проведения работ в целом сводится к следующему:

для обеспечения повторности съемки разрабатывается сеть опорных точек-реперов, на основе которой происходит позиционирование НЛС, после чего производится сканирование интересующего нас участка [3]. Плотность сканирования составила 30-50 мм для оползневых и осыпных процессов и 10-15 мм для эрозионного склона.

Камеральная обработка результатов сканирования производилась в ПО Trimble Realworks. Полученные облака точек приводились к одной системе координат, после чего производилась очистка сканов

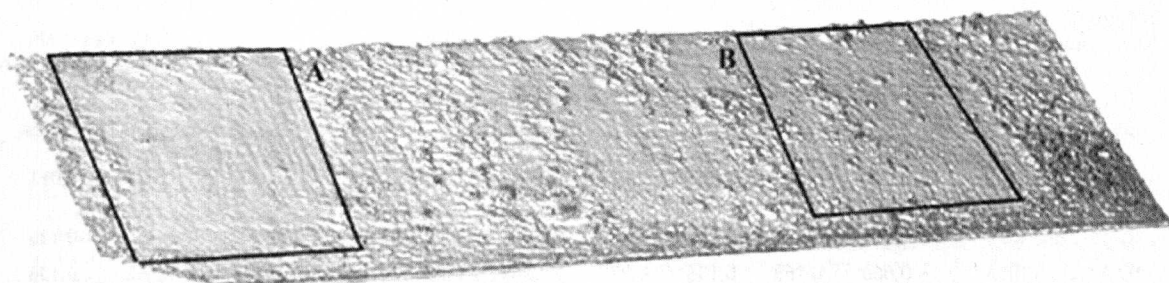


Рис.3. Эрозионный склон на левом берегу р. Казанка

от артефактов. Далее вычислялись объемы потери и аккумуляции грунта методом вычитания разновременных облаков точек между собой во встроеной утилите Volume Calculation. Затем, по площади участка определялся слой эрозии, аккумуляции в мм, преобладающий процесс, а также объем смыва-аккумуляции [6].

Для количественной оценки переработки склона на оползневых и осыпном склонах была взята шкала, разработанная специально для оценки опасности развития склоновых процессов на водохранилищах [7, 10].

### Результаты

Результаты обработки измерений, полученных с помощью НЛС на Печищинском геологическом разрезе, позволяют нам оценить объемы переработки для верхней, нижней и средней частей склона (табл. 1). В верхней и средней частях склона преобладает денудация (99,4 % и 71%, соответственно), а в нижней части – аккумуляция (96%). В целом для Печищинского разреза соотношение удельных показателей процессов денудации и аккумуляции примерно одинаково, 160 м<sup>3</sup>/га и 150 м<sup>3</sup>/га, соответственно.

По результатам двухлетних наблюдений за процессами, протекающими на оползневых склонах в

п. Камское Устье, была оценена как их внутригодовая, так и межгодовая интенсивность.

На участке «Старое кладбище» за рассматриваемый период наблюдений установлено, что активность процессов в летне-осенний период значительно ниже, чем в осенне-летний (табл. 2). Кроме того, внутригодовая интенсивность оползневых процессов варьирует из года в год. Для периода наблюдений с июля 2012 г. по июль 2013 г. характерна более высокая интенсивность оползневых процессов по сравнению с периодом июль 2013 г. – июнь 2014 г.

На участке «Пристань» оползневые процессы идут активно и постоянно, причем, с помощью метода НЛС удалось зафиксировать и количественно оценить не только оползневые, но и абразионные процессы (табл. 3). Интенсивность протекающих процессов варьирует как из года в год, так и в зависимости от сезона.

Эрозионная активность на исследуемом фрагменте левого склона р.Казанка обусловлена в первую очередь выпадением осадков. В общей сложности было произведено 10 съемок, по результатам которых был установлен преобладающий процесс – денудация; в 2014 году для участка А среднее значение

Таблица 1  
Количественные показатели изменений, выявленные на основной стенке склона Печищинского геологического разреза

№ участка	S, m <sup>2</sup>	-S, m <sup>2</sup>	+S, m <sup>2</sup>	-V, m <sup>3</sup>	+V, m <sup>3</sup>
Верхняя часть склона	1784,0	142,01	3,44	88,58	0,57
Средняя часть склона	3405,6	822,71	406,90	61,81	25,29
Нижняя часть склона	4324,4	83,16	1313,7	5,0	118,32
Всего	9514,0	1047,88	1724,04	155,39	144,18

где S – площадь исследуемого участка, измеряемая в м<sup>2</sup>; -S, +S – величина площади обрушенных/аккумулятивных пород, измеряемая в м<sup>2</sup>; -V, +V – величина объемов обрушенных/аккумулятивных пород, измеряемые в м<sup>3</sup>.

объема смыва составило -4,94 м<sup>3</sup>/га, для участка В аналогичный показатель составил -13,15 м<sup>3</sup>/га. Величины эрозии в период 26.05-5.06 2015 года для участка В (табл. 4) составили 2,8 мм (28,80 м<sup>3</sup>/га), а в период 5.06-20.06 10,8 мм (107,7 м<sup>3</sup>/га). Заключительная съемка 23 ноября 2015 г. показала слой смыва на верхнем и среднем участке правой площадки около 7 мм (70,6 м<sup>3</sup>/га) и немного больше – 7,7 мм (76,84 м<sup>3</sup>/га) – на нижнем участке. В среднем по всей площадке слой смыва почвогрунтов составил 7,3 мм (73,3 м<sup>3</sup>/га). На левой площадке, вследствие выхода на

поверхность защитной георешетки, играющей противозерозионную и противооползневую роль, величины эрозии оказались почти в 2 раза меньше правой: 3,9, 3,7, 3,8 мм для верхнего, среднего и нижнего участка, соответственно, в среднем составив 3,8 мм (37,69 м<sup>3</sup>/га)

#### Выводы

С помощью метода НЛС удалось количественно и качественно оценить интенсивность денудации, определить закономерность протекания процессов. Стоит отметить, что этот метод, обладая высокой

Таблица 2  
Интенсивность процессов (Vотр/S, м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>), за разные периоды наблюдений

Период наблюдений	Участки									Весь склон
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9	
07/2012-11/2012	0,021	0,033	0,023	0,017	0,022	0,009	0,080	0,011	0,009	0,011
11/2012-07/2013	0,045	0,134	0,083	0,250	0,240	0,071	0,148	0,194	0,31	0,125
07/2012-07/2013	0,066	0,168	0,106	0,277	0,262	0,080	0,228	0,205	0,352	0,136
07/2013-11/2013	0,031	0,030	0,015	0,031	0,003	0,015	0,013	0,010	0,053	0,027
11/2013-06/2014	0,049	0,045	0,056	0,051	0,237	0,059	0,036	0,100	0,176	0,085
07/2013-06/2014	0,08	0,075	0,071	0,082	0,24	0,074	0,049	0,110	0,229	0,112

точностью, ранее невозможной для других приборов, позволяет регистрировать разнообразные виды склоновых процессов. Появляется возможность точной оценки денудационно-аккумулятивного баланса на склонах. Метод позволяет интегрально оценить суммарный эффект от протекания на склонах всего комплекса экзогенных процессов. Особую роль метод НЛС может сыграть в определении закономерностей

развития овражных форм. Установлено, что на основе данных наземного лазерного сканирования можно получить более точные значения объемов переработки грунтов и провести более качественную оценку опасности развития опасных экзогенных процессов по сравнению с традиционными подходами. Между тем, как и для любого другого метода, у него есть свои существенные ограничения: скани-

Таблица 3  
Интенсивность склоновых процессов за разные периоды наблюдений

Период наблюдений	Абразионный уступ		Верхняя часть склона (V-/S, м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> )
	V-/S, м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup>	V+/S, м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup>	
06/2012 - 11/2012	0,08	0,25	0,06
11/2012 - 06/2013	0,67	0,06	0,2
06/2012 - 07/2013	0,54	0,05	0,25
07/2013 - 11/2013	0,02	0,02	0,08
11/2013 - 06/2014	0,03	0,69	0,08
07/2013 - 06/2014	0,07	0,61	0,17

Таблица 4

Результаты наблюдений за эрозионно-аккумулятивными процессами методом наземным лазерным сканированием на участке В в 2015 г.

Даты	S, м <sup>2</sup>	V-, м <sup>3</sup>	V+, м <sup>3</sup>	V+- V-, м <sup>3</sup>	i-, мм	i+, мм	Δi, мм	E, м <sup>3</sup> /га
26.05-05.06	11,09	0,09	0,06	-0,03	-8,19	5,31	-2,88	-28,80
05.06-20.06	11,09	0,14	0,02	-0,12	-12,23	1,46	-10,77	-107,69
20.06-09.07	11,09	0,05	0,06	0,02	-4,27	5,63	1,36	13,65
07-08.09	23,42	0,17	0,00	-0,17	-7,55	0,22	-7,33	-73,28
08.09-23.11	14,38	0,19	0,07	-0,12	-13,22	4,57	-8,65	-86,53

S, площадь; V-, уменьшение объема грунта; V+, увеличение объема грунта; i+, слой аккумуляции; i-, слой эрозии; Δi, преобладающий процесс; E объем эрозии-аккумуляции.

ровать с высокой точностью можно лишь полностью обнаженные поверхности почв и грунтов; при повторных наблюдениях на пашне возникают затруднения при закреплении и обеспечении сохранности реперов; необходимость учета требований к условиям съемки, и, как ни странно, иногда излишне высокая плотность сканирования.

#### Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского Научного Фонда (проект № 15-17-20006)

#### Литература:

- Abellán, A. Detection of millimetric deformation using a terrestrial laser scanner: experiment and application to a rockfall event / A. Abellán, M. Jaboyedoff, T. Oppikofer, J. M. Vilaplana // Nat. Hazards Earth Syst. Sci. – 2009. – №9. – P. 365-372.
- Birch, G. LiDAR monitoring for the Folkestone Warren landslide / G. Birch, I. Anderson // Ground Engineering. – May 2011. – P. 26-29.
- Gafurov, A.M. Assessment of the intensity of slope erosion using terrestrial laser scanning / A. M. Gafurov, O. P. Yermolaev, B. M. Usmanov // International Journal of Pharmacy and Technology. – 2016. – Vol.8, Is.3. – P.14822-14832.
- Hernandez, M.A. Methodology for landslide monitoring in a road cut by means of terrestrial laser-scanning techniques / M.A. Hernandez, J.L. Prez-Garcia, T. Fernandez // International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. – 2012. – Volume XXXIX-B8. – P. 45-49.
- Travelletti, J. Monitoring landslide displacements during a controlled rain experiment using a long-range terrestrial laser scanning (TLS) / J. Travelletti, T. Oppikofer, C. Delacourt // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. – 2008. – №37. – P. 485-490.
- Usmanov, B. Estimates of slope erosion intensity utilizing terrestrial laser scanning / B. Usmanov, O. Yermolaev, A. Gafurov // Sediment dynamics from the summit to the sea. IAHS-AISH Proceedings and Reports. – 2014. – Vol.367. – P.59-65.
- Гайнуллин, И.И. Комплексное исследование разрушаемых археологических памятников на участке береговой линии Куйбышевского водохранилища у с. Измери (Спасский район РТ) / И.И. Гайнуллин, О.П. Ермолаев, А.Г. Ситдиков, Б.М. Усманов // Поволжская археология. – 2012. – №2. – С.107-122.
- Гафуров, А.М. Оценка интенсивности и динамики почвенной эрозии методом наземного лазерного сканирования / А.М. Гафуров, Б.М. Усманов // Эрозионные, русловые и устьевые процессы (исследования молодых ученых университетов): сборник статей по материалам XI семинара молодых ученых вузов, объединяемых Межвузовским научно-координационным советом по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. Н.Новгород: Мининский университет. – 2016. – С. 81-90 с.
- Ермолаев О.П. Эрозия в бассейновых геосистемах. – Казань, Изд-во «Универс КГУ», 2002. – 265 с.
- Рагозин, А.Л. Региональный анализ абразионной опасности и риска на морях и водохранилищах России / А.Л. Рагозин, В.Н. Бузова // в кн: Современные проблемы изучения берегов. СПб.: ИТА РАН, 1995. – С. 45-46.