

ОПАСНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ГИДРОСФЕРЕ:
 ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ИНЖЕНЕРНЫЕ АСПЕКТЫ
 HAZARDOUS PROCESSES IN THE HYDROSPHERE:
 FUNDAMENTAL AND ENGINEERING ASPECTS

УДК 624.131.544: 627.141.1

DOI: 10.34753/HS.2020.2.3.228

СЕЛИ И КАРЧЕХОДЫ НА
 РАВНИННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

А.Ю. Виноградов^{1,2}, Н.А. Казаков³

¹ООО НПО «Гидротехпроект», г. Валдай, Россия; ²ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова», г. Санкт-Петербург, Россия; ³ФГБУН Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
 gd@npogtp.ru

DEBRIS-FLOWS, MUDFLOWS AND
 SUBMERGED TREE DRIFTING IN
 THE PLAINS

Alexey Yu. Vinogradov^{1,2},
Nikolay A. Kazakov³

¹Scientific and Industrial Research Association Gidrotehproekt, Valday, Russia; ²Saint Petersburg State Forest Technical University, St. Petersburg, Russia; ³Special Research Bureau for Automation of Marine Researches of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

gd@npogtp.ru

Аннотация. Традиционно считается, что сели формируются только в горных районах, а их возникновение на равнинных территориях невозможно. Эти представления об условиях развития и распространения селевых процессов отражены в Российских нормативных документах, определяющих состав инженерных изысканий для строительства: в них как селеопасные и потенциально селеопасные районы выделены только горные территории, а равнинные и холмистые территории показаны как не селеопасные. Таким образом, селевые риски при проектно-изыскательских работах как на большей части территории России, так и в мировой практике, не учитываются и соответственно уязвимость объектов, сооружений и территорий для селей не оценивается ни при разработке градостроительной документации, ни при проектировании объектов и сооружений, ни при развитии рекреационных территорий. Так, при проектировании гидротехнических сооружений рассчитываются нагрузки, создаваемые водными потоками плотностью до 1000 кг/м³, а не

Abstract. Traditionally, it is believed that debris-flows are formed only in mountainous areas, and their occurrence in flat areas is impossible. These ideas about the conditions for the development and spread of debris-flow processes are reflected in the Russian Technical Regulations that determine the composition of engineering surveys for construction. In these Regulations, debris-flow and potentially debris-flow areas are identified only in mountainous areas, while flat and hilly areas are shown as non-debris-flow. Debris-flow risks are not calculated for flat and hilly areas both in Russia and in other countries. The vulnerability of objects, structures and territories to the impact of debris-flows is not taken into account either in the development of urban planning documentation, or in the design of objects and structures, or in the development of recreational areas. When designing hydraulic engineering and other structures, the loads created by water flows with a density of up to 1000 kg/m³ are calculated, and not by debris-flows, mudflows and suspended streams with a density of 1100-2000 kg/m³. The results of the research show that the presence, even in local areas, of slopes exceeding (depending on the

грязекаменными, грязевыми и наносоводными потоками плотностью 1100-2000 кг/м³. Результаты проведённых исследований показывают, что наличие, даже на локальных участках, уклонов, превышающих (в зависимости от типа горной породы) 5°-10°, создаёт возможность возникновения на равнинных малых реках несвязных селей (наносоводных потоков). Например, количество таких малых рек в Новгородской области составляет 20%. Наличие на равнинных реках даже локальных участков с уклонами более 100‰, создаёт условия для формирования грязевых и грязекаменных селей. Грязевые и грязекаменные сели малого объёма формируются на равнинных территориях не только в оврагах, но и в руслах постоянных и временных малых водотоков и в эрозионных бороздах на склонах холмов и речных террас. Плотность грязекаменных и грязевых селей небольших объёмов, формирующихся в эрозионных врезках на склонах холмов и речных террас может достигать 2000 кг/м³, наносоводных потоков, проходящих по руслам малых рек, – 1100-1200 кг/м³. Карчеходы, проходящие по мелким водотокам по своему составу являются не водными потоками, а несвязными селями.

Ключевые слова: грязекаменный сель; грязевой сель; наносоводный поток; карча; карчеход; селевой бассейн; селевой процесс; равнина; критический уклон

Введение

Традиционно считается, что сели формируются только в горных районах, а их возникновение на равнинных территориях невозможно.

Эти представления об условиях развития и распространения селевых процессов нашли своё отражение и в нормативных документах, определяющих состав инженерных изысканий для строительства.

type of rock) 5°-10°, creates the possibility of incoherent debris-flows (suspended streams) on lowland small rivers. For example, the number of such small rivers in the Novgorod region is 20%. The presence of even local sections with slopes of more than 100‰ on flat rivers creates conditions for the formation of debris-flows and mudflows. Debris-flows and mudflows are formed on plains not only in ravines, but also in the beds of permanent and temporary small watercourses and in erosion furrows on the slopes of hills and river terraces. The density of debris-flows and mudflows of small volumes formed in erosion cuts on the slopes of hills and river terraces can reach 2000 kg/m³, and sediment flows passing through the beds of small rivers – 1100-1200 kg/m³. Submerged tree drifting on small watercourses in its composition are not water streams, and the incoherent debris flows.

Keywords: debris-flow; debris-flow basin; debris flow process; mudflow; suspended stream; submerged tree stump; submerged tree drifting; plain; critical slope

На Схеме зонирования селевых явлений на территории Российской Федерации, размещённой в СП 479.1325800.2019 «Инженерные изыскания для строительства в районах развития селевых процессов. Общие требования»¹, и в работе [Атлас..., 2010] как селеопасные и потенциально селеопасные районы выделены только горные территории, большая же часть территории России на этой карте показана как не селеопасная.

¹ СП 479.1325800.2019 "Инженерные изыскания для строительства в районах развития селевых процессов. Общие требования". М., 2020
SP 479.1325800.2019 "Inzhenernyye izyskaniya dlya stroitel'stva v rajonah razvitiya selevyh processov. Obshchie trebovaniya". Moscow, 2020

В результате селевые риски при проектно-изыскательских работах на большей части территории России не учитываются. Соответственно, уязвимость объектов, сооружений и территорий для селей не оценивается ни при разработке градостроительной документации, ни при проектировании объектов и сооружений, ни при развитии рекреационных территорий.

Между тем факты свидетельствуют о том, что на равнинных территориях связные и несвязные сели формируются очень часто – и повсеместно распространены на равнинных территориях.

Методы исследования

В основу настоящей статьи положены результаты полевых исследований селевых процессов на территории Новгородской области и результаты анализа сведений о формировании селей на равнинных территориях, содержащихся в научной литературе.

Постановка проблемы

Антропогенные сели формируются на равнинных территориях достаточно часто [Айзенберг, Семенихина, 1978; Яблонский, 1991].

В первую очередь это сели, формирующиеся в оврагах, которые описываются многими авторами [Бодров, 1957; Дрозд, 1962; Сальников, 1963; Сластухин, 1969; Прока, Яковлев, 1969; Швец, 1969; Айзенберг, Грачева, 1975; Прока, 1983; Леваднюк, 1987; Сластухин, 1987; Перов, 1989; Любимов, Перов, 2001; Любимов, 2001; География овражной эрозии, 2006]. Большинство овражных селей является антропогенными [География овражной эрозии, 2006].

Объёмы селей, формирующихся в оврагах, могут достигать 16 тыс. м³ [Бодров, 1957] – 22 тыс. м³ [Сальников, 1963].

Факты, однако, свидетельствуют и о том, что на равнинных территориях грязевые и

грязекаменные сели и наносоводные потоки формируются и в естественных условиях в руслах водотоков.

Например, формирование селей в водотоках на Русско-Европейской равнине наблюдалось в бассейне реки Ока (Виноградов Ю.Б., грязевой сели небольшого объёма, устное свидетельство), в районе Новосильской станции [Козменко, 1963], в районе города Новгород-Северский [Ещенко, Кутовой, Шпак, 1969], в районе города Волгоград [Брылев, 1998].

Сели наблюдались и на Валдае [Вольфцун, Крестовский, 1961; Виноградов, Виноградова, 2016].

Многие паводки, проходящие по оврагам, балкам и мелким водотокам на Европейской части России, несущие карчи, наносы и мелкие камни, по своему составу являются не водными потоками, а несвязными селями. С этой точкой зрения согласны некоторые авторы [Лапердин, Качура, 2010; Казаков, Генсировский, 2012].

Такие паводки, а также грязевые и грязекаменные сели, проходящие по руслам равнинных водотоков, должны описываться именно как сели, поскольку расчёт характеристик таких потоков как водных приводит к занижению расчётных значений давления потоков на препятствие и к занижению их эродирующей способности. Как следствие, это приводит к серьёзным ошибкам при проектировании объектов и сооружений и в свою очередь создаёт риск аварий и катастроф.

Известно, что область применения существующего «Свода Правил по определению расчётных гидрологических характеристик» (СП 33-101-2003)² не распространяется на определение расчётных гидрологических характеристик при изысканиях и проектировании объектов на селеопасных реках. Это связано с тем, что после прохождения селевого паводка резко меняются морфометрические показатели русла реки.

² СП 33-101-2003. Свод Правил по определению расчётных гидрологических характеристик. М.: Госстрой России, 2004. 73 с.

Svod Pravil po opredeleniyu raschetnyh gidrologicheskikh harakteristik (p. 1 SP 33-101-2003). Moscow, Publ. Gosstroii Rossii, 2003. 74 p. (In Russian).

В таком случае, возникает практический вопрос – какую реку считать селеопасной? Ту, на берегах которой имеются следы селевых отложений, или реку, по которой сель теоретически сможет сойти? Является ли селеопасной река, по которой сели не проходят, но в которую селевые выносы периодически сбрасывают многочисленные притоки?

С точки зрения инженерной практики, не важно, вследствие каких причин происходит резкое изменение морфометрии русла – селевых отложений или последствий карчехода.

Следовательно, и реки, по которым возможно движение карчехода, тоже необходимо вывести из области применения указанного СП 33-101-2003.

Все эти вопросы крайне важны, поскольку от них зависит принятие тех или иных проектных решений и в конечном итоге жизнеспособность находящейся в долине реки инфраструктуры, а также человеческие жизни. Попробуем последовательно разобраться в проблеме.

Условия возникновения селевого процесса на равнинной территории

Итак, важнейший вопрос – какая река может быть признана селеопасной? Приведём определение селевого потока. «Селями или селевыми потоками называют стремительные русловые потоки, состоящие из смеси воды и обломков горных пород, внезапно возникающие в бассейнах небольших горных рек» [Перов, 2012].

С.С. Черноморец на вопрос «Когда человечество столкнулось с селями?» отвечает: «Видимо это произошло тогда, когда стали строиться здания и прокладываться торговые пути в горах» [Черноморец, 2006].

Ю.Б. Виноградов: «Что же такое сель? Это – горный поток, состоящий из смеси воды и рыхлообломочной породы» [Виноградов, 1980].

Как указывалось выше, большинство исследователей сходятся на том, что селевые потоки возможны только в условиях горной местности, то есть для возникновения селя в первую очередь необходим уклон.

«Возникают селевые потоки ... в результате взаимодействия воды и рыхлообломочной

породы в ложбинах и ущельях, имеющих большой уклон» [Виноградов, 1980].

Следовательно, вторая обязательная составляющая – наличие переносимого субстрата (рыхлообломочной породы).

И наконец третья – наличие достаточного количества воды, необходимого для транспортировки этого субстрата или запуска селевого процесса.

Важнейший для селеведения вопрос: «какой уклон является достаточным для образования селей?» – решён ещё Ю.Б. Виноградовым [Виноградов, 1980]. В зависимости от уклона α , селевые процессы он разделял на: сдвиговые (при $\alpha > \alpha_1$), транспортно-сдвиговые (при $\alpha_1 \geq \alpha \geq \alpha_2$) и транспортные (при $\alpha < \alpha_2$).

Критические уклоны α_1 и α_2 определяются соотношениями:

$$\operatorname{tg}\alpha_1 = \frac{(\rho - \rho_0)(1 - \varepsilon)\operatorname{tg}\varphi + \frac{c}{g h \cos\alpha_1}}{\rho(1 - \varepsilon) + \rho_0\varepsilon} \quad (1)$$

$$\operatorname{tg}\alpha_2 = \frac{(\rho - \rho_0)(1 - \varepsilon)\operatorname{tg}\varphi}{\rho(1 - \varepsilon) + \rho_0\varepsilon} \quad (2)$$

где ρ – плотность вещества, кг/м³;

ρ_0 – плотность воды, кг/м³;

ε – пористость, б/р;

φ – угол внутреннего трения, град;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

h – толщина слоя размываемой породы, м;

c – сцепление заполненной водой породы, кг/м².

Поскольку в нашем случае абсолютно не важно, какой именно селевой процесс будет иметь место на рассматриваемом нами гипотетическом водотоке, то для нас имеет значение только второй критический уклон. Попробуем определить его для различных горных пород (таблица 1).

Дальнейшая наша задача – определить минимальный уклон α_3 , при котором возможен размыв дна и берегов русла: то есть начало транспортного селевого процесса. Он определяется следующим соотношением:

$$\operatorname{tg}\alpha_3 = \frac{h((\rho + \rho_0) - \varepsilon(\rho - \rho_0))\operatorname{tg}\varphi + c}{h((\rho + \rho_0) - \varepsilon(\rho - \rho_0)) + H\rho_0} \quad (3)$$

где H – глубина потока на пойме.

Таблица 1. Критический уклон, при котором возможен транспортно-сдвиговой селовой процесс
Table 1. The critical slope at which there is a possibility of a transport-shear debris-flow process

Горная порода <i>Rock</i>	Пористость, ε <i>Porosity, ε</i>	Угол внутреннего трения φ , град <i>The angle of internal friction φ, deg</i>	Критический уклон α_2 , град <i>Critical slope α_2, deg</i>
Глина <i>Clay</i>	0,522	20	8
Суглинок <i>Loam</i>	0,465	23	11
Супесь <i>Sandy loam</i>	0,421	29	15
Песок <i>Sand</i>	0,364	38	23

Таблица 2. Критический уклон, при котором возможен транспортный селовой процесс
Table 2. The critical slope at which there is a possibility of a transport debris-flow process

Горная порода <i>Rock</i>	Пористость, ε <i>Porosity, ε</i>	Угол внутреннего трения, φ , град <i>The angle of internal friction, φ, deg</i>	Сцепление заполненной водой породы, c , кг/м ² <i>Water-filled rock coupling, c, kg/m²</i>	Минимальный уклон, при котором возможен размыв горной породы, α_3 <i>Minimum slope at which rock erosion is possible, α_3</i>		Гидравлический радиус, R, м <i>The hydraulic radius, R, m</i>	Минимальная скорость, при которой начинается размыв горной породы, V, м/с <i>The minimum velocity at which the erosion of rocks, V, m/s</i>
				град. <i>deg</i>	‰		
Глина <i>Clay</i>	0,522	20	600	10,3	180	0,20	0,74
Суглинок <i>Loam</i>	0,465	23	300	6,7	120	0,20	0,60
Супесь <i>Sandy loam</i>	0,421	29	100	4,9	90	0,20	0,51
Песок <i>Sand</i>	0,364	38	0	4,5	80	0,20	0,49

Результаты расчётов можно сравнить с значениями, получаемыми из специальной литературы. Показатели механических свойств переувлажнённых грунтов для расчёта

(таблица 2) взяты из таблицы 14 Методических рекомендаций³.

Исходя из этого, можно сделать вывод, что при выходе потока на пойму, если скорость его течения достаточно велика (больше 0,3-0,5 м/с),

³ Методические рекомендации по сбору инженерно-геологической информации и использованию табличных геотехнических данных при проектировании земляного полотна автомобильных дорог. М.: Союздорпроект, 1981. 53 с.

Metodicheskie rekomendatsii po sboru inzhenerno-geologicheskoi informatsii i ispol'zovaniyu tablichnykh geotekhnicheskikh dannykh pri proektirovani zemlyanogo polotna avtomobil'nykh dorog. Moscow, Publ. Soyuzdorproekt, 1981. 53 p. (In Russian).

может происходить размыв дна и берегов русла, насыщение потока твёрдой составляющей и трансформация его в несвязный или связный сель даже при уклонах русла менее 5°, то есть в руслах равнинных водотоков.

Например, размывающие скорости для различных типов дисперсных горных пород (таблица 3) представлены в таблицах и номограммах соответствующих справочников^{4, 5} и учебников [Виноградов и др., 2019].

Для того чтобы в первом приближении оценить уклоны, при которых возможно достижение размывающих скоростей при выходе на пойму, сделаем допущение об установившемся характере движения потока и воспользуемся известным уравнением Шези:

$$I = \frac{v^2}{C^2 R} \quad (4),$$

где I – уклон, б/р;
 v – скорость движения потока, м/с;
 C – коэффициент Шези, м^{0,5}/с;
 R – гидравлический радиус, м.

Коэффициент Шези можно рассчитать по формуле Павловского (5):

$$C = \frac{1}{n} R^{2,5\sqrt{n}-0,13-0,75\sqrt{R}(\sqrt{n}-0,1)} \quad (5),$$

где n – коэффициент шероховатости, характеризующий состояние поверхности русла.

Для малых рек глубина потока при выходе на пойму обычно не превышает 0,2 м, поэтому для создания критических скоростей необходимы уклоны порядка 80% для песчаных почв и 120% для суглинистых. Примерные расчёты приведены в таблице 3.

Таблица 3. Расчёты лимитирующих уклонов для размыва пойм и берегов по РД 51-2.4-007-97

Table 3. Calculations of limiting slopes for floodplain and riverside erosion according to RD 51-2. 4-007-97

Подстилающая поверхность <i>Underlying surface</i>	Гидравлический радиус R , м <i>The hydraulic radius R, m</i>	Коэффициент шероховатости, n <i>Roughness coefficient, n</i>	Коэффициент Шези C , м ^{0,5} /с <i>Shezi coefficient C, m^{0,5}/s</i>	Минимальная скорость, при которой начинается размыв горной породы V , м/с <i>The minimum velocity for rock erosion V, m/s</i>	Минимальный уклон, при котором возможен размыв горной породы α_3 , % <i>Minimum slope for rock erosion possibility α_3, %</i>
Песок <i>Sand</i>	0,2	0,1	3,9	0,20	80
Супесь <i>Sandy loam</i>	0,2	0,1	3,9	0,45	90
Суглинок <i>Loam</i>	0,2	0,1	3,9	0,52	120
Глина <i>Clay</i>	0,2	0,1	3,9	0,98	180

⁴ Пособие к СНиП 2.05.03-84 «Мосты и трубы» по изысканиям и проектированию железнодорожных и автодорожных мостовых переходов через водотоки (ПМП-91). Москва, ПКТИТС, 1992. 425 с.

Posobie k SNiP 2.05.03-84 «Mosty i truby» po izyskaniyam i proektirovaniyu zheleznodorozhnykh i avtodorozhnykh mostovykh perekhodov cherez vodotoki (PMP-91). Moscow, Publ. PKTiTS, 1992. 425 p. (In Russian)

⁵ РД 51-2.4-007-97 Борьба с водной эрозией грунтов на линейной части трубопроводов Москва, 1998. 81 с.

RD 51-2.4-007-97 Bor'ba s vodnoi eroziiey gruntov na lineinoi chasti truboprovodov Moscow, 1998. 81 p. (In Russian)

Приведённые уклоны показывают, что селевые явления возможны и на равнинах в условиях холмистого рельефа или развитых долин с крупными врезами больших рек.

Объём рыхлообломочной или мелкодисперсной породы, вовлекаемой в селевой процесс, в равнинных условиях может быть недостаточным.

В этом случае значимым становится наличие в потоке карчей. И если в грязекаменном селевом потоке высокой плотности на участке транзита или отложения объёмная часть карчей по отношению к горной породе не превышает обычно 1%, то для равнинных рек это соотношение может составлять 70% и более.

На основании этого некоторые авторы [Лапердин, Качура, 2010; Казаков, Генсировский, 2012] относят карчеход к разновидности селевого потока, аргументируя это тем, что в обоих случаях в потоке имеется твёрдая составляющая.

Карчеход представляет собой движение в паводок деревьев с кроной и корневой системой и широко распространён на всей горной и равнинной территории России.

Карчеходы должны описываться не как водные потоки, поскольку расчёт характеристик карчеходов как водных потоков приводит к серьёзным ошибкам при проектировании объектов и сооружений, создавая риск аварий и катастроф. С этой точкой зрения согласны некоторые авторы [Домогашев, 1982; Лапердин, Качура, 2010; Казаков, Генсировский, 2012].

Последний вопрос, поднятый нами в настоящей статье – какие реки можно назвать достаточно малыми [Перов, 2012], чтобы считать их селеопасными?

Известно, что чем крупнее река, тем меньше на ней уклоны.

Но всегда ли правильно считать даже и относительно большую реку, при уклонах заведомо меньших критических, не селеопасной? Предположим, в нашу реку какой-нибудь из притоков вынес селевые отложения. Какие могут быть последствия?

1. Русло полностью перекрыто отложениями, возникает временное

водохранилище с последующим прорывом. Волна прорыва, несущая отложения притока, размывающая свою пойму, сносящая мосты и другие сооружения ниже по течению, вполне может считаться селевой волной. Даже если воздействие этой волны будет прослежено на небольшом протяжении, данную реку надо учитывать как селеопасную.

2. Русло частично перекрывается отложениями, временный подпор имеет место. Если в результате режим наносов изменится значительно – например, превысит максимально возможный обычный паводковый в несколько раз, что приведёт к значительным изменениям морфометрии русла, – такую реку также надо считать селеопасной.

3. В остальных случаях селевым воздействием притоков можно пренебречь.

Следует, однако, заметить, что грязевые и грязекаменные сели малого объёма (насыщенные дресвяно-щебнистым и гравийно-галечным материалом) на равнинных территориях формируются не только в оврагах, но и в руслах малых водотоков и особенно в постоянных и временных руслах ручьёв, а также в эрозионных бороздах на склонах холмов и речных террас.

Горными породами потенциальных селевых массивов равнинных водотоков являются аллювиальные и пролювиальные отложения в днищах и на берегах водотоков, а также отложения обвалов, осыпей и оползней у подножия склонов.

Плотность грязекаменных и грязевых селей в оврагах может достигать 1100-1700 кг/м³ [География овражной эрозии, 2006].

Плотность грязекаменных и грязевых селей малых объёмов, формирующихся в эрозионных врезках на склонах холмов и речных террас, может достигать 2000 кг/м³.

Сели в Новгородской области

На Европейской территории России скорости течения малых рек по пойме, даже в условиях паводков редкой повторяемости, редко превышают 0,3 м/с. Однако известны случаи, когда на малых реках Европейской территории России проходят карчеходы и наносоводные селевые потоки.

В качестве примера приведём паводок, прошедший в ночь с 6 на 7 июля 2013 года в Валдайском районе Новгородской области. Селевые потоки малой плотности прошли по ручьям Рогову и Безымянный (далее – ручей №1) в районе населённого пункта Варницы в 5 км от посёлка Яжелбицы. Характеристики ручьёв представлены в таблице 4.

Согласно данным Валдайской метеостанции слой осадков за сутки составил 41 мм. Локальный ливень в районе посёлка Яжелбицы достигал, по экспертной оценке, интенсивности 1 мм/мин и превысил слой 100 мм. Послепаводковое обследование проводилось 7 июля 2013 года.

Выше автодороги Яжелбицы – Дворец русло ручья №1 практически не было размыто, ширина по бровкам составляла около 2 м,

глубина – 0,6-1 м. Ниже автодороги уклон резко повышается, долина спускается к пойме реки Полометь. На этом участке в результате паводка образовалась селевая рытвина шириной до 5 м и глубиной до 3,5 м (рисунок 1). Трубный переход через автодорогу был частично разрушен.

Характеристики паводка и вызванного им селевого потока представлены в таблице 5.

Паводок на Роговом ручье характеризовался следующей особенностью.

В связи с тем, что средний уклон по ручью меньше, чем в предыдущем случае, а размеры поймы, русловой части ручья и расход были намного больше, то поток нёс в основном карчи (рисунок 2). Мостовой переход не справился с пропуском паводка, что привело к частичному его разрушению и размыву дороги (рисунок 3).

В 500 м ниже по течению, в месте выхода ручья на пойму реки Полометь, потоком была размывта старая автодорога к пионерскому лагерю (рисунок 4). Водопроточное отверстие размерами 2х2 м было полностью забито карчами и наносами, толщина пробки составила 1,5 м. Уровень воды поднялся до верха дороги, размыл дорожные одежды, в результате чего образовалась промоина размерами 7х3,5 м.

Таблица 4. Характеристики водотоков

Table 4. Characteristics of the Creeks

Объект <i>Object</i>	Подстилающая поверхность <i>Underlying surface</i>	Площадь водосбора, км ² <i>Catchment area, km²</i>	Средние уклоны русла, ‰ <i>The average slope of the channel, ‰</i>
Ручей №1, верхнее течение <i>Creek No.1, upstream</i>	Суглинки <i>Loam</i>	0,06	0,040
Ручей №1 ниже автодороги <i>Creek No.1 below the highway</i>	Легкие суглинки <i>Light loam</i>	0,08	0,128
Рогов ручей <i>Rogov Creek</i>	Легкие суглинки <i>Light loam</i>	2,75	0,032

Таблица 5. Характеристики селевого потока на ручье №1

Table 5. Characteristics of the debris-flow on the Creek No.1

Объект <i>Object</i>	Максимальный расход паводка м ³ /с <i>Maximum flood discharge m³/s</i>	Максимальный расход селя м ³ /с <i>Maximum debris-flow discharge, m³/s</i>	Объём селя, м ³ <i>Volume of debris-flow, m³</i>
Ручей №1 <i>Creek No.1</i>	0,05	0,2	1000



Рисунок 1. Селевая рытвина на ручье №1. Фото А.Ю. Виноградова
Figure 1. Debris-flow pothole on the Creek No.1. Photo by Alexey Yu. Vinogradov



Рисунок 2. Карчи, скопившиеся перед мостовым отверстием дороги Яжелбицы-Дворец.
Фото А.Ю. Виноградова
Figure 2. Submerged tree stump, accumulated in front of the bridge opening of the road Yazhelbitsy-Dvorec. Photo by Alexey Yu. Vinogradov



Рисунок 3. Размыв автодороги и частичное разрушение мостового перехода. Фото А.Ю. Виноградова
Figure 3. Road erosion and partial destruction of the bridge crossing. Photo by Alexey Yu. Vinogradov



Рисунок 4. Водопропускное отверстие автодороги было полностью забито карчами, что привело к разрушению дорожного полотна. Фото А.Ю. Виноградова
Figure 4. The culvert of the road was completely clogged by submerged tree stumps, which led to the destruction of the roadway. Photo by Alexey Yu. Vinogradov



Рисунок 5. Селевые отложения и карчи в русле Рогова ручья. Фото А.Ю. Виноградова
Figure 5. Debris-flow deposits and submerged tree stumps in the bed of Rogov Creek.
 Photo by Alexey Yu. Vinogradov



Рисунок 6. Конус выноса грязекаменного селя. Фото А.Ю. Виноградова
Figure 6. Debris-flow deposits. Photo by Alexey Yu. Vinogradov

Таблица 6. Характеристики селевого потока на Роговом ручье

Table 6. Characteristics of the debris-flow on the Rogov Creek

Объект <i>Object</i>	Максимальный расход паводка, м ³ /с <i>Maximum flood discharge, m³/s</i>	Максимальный расход селя, м ³ /с <i>Maximum debris-flow discharge, m³/s</i>	Объем селя, м ³ <i>Volume of debris-flow, m³</i>
Рогов ручей <i>Rogov Creek</i>	1,5	1,8	800

В результате прорыва волна, несущая с собой карчи, песок и камни, прошла до реки Полометь и перекрыла её русло. Подъём уровня реки Полометь до прорыва временной запруды составил 1,2 м. Мощность селевых отложений в русле ручья составила 0,3-0,6 м (рисунки 5, 6).

Характеристики паводка на Роговом ручье и вызванного им селевого потока представлены в таблице 6.

Максимальный размер принесённых потоком обломков горных пород достигал 0,3 м

(рисунок 6), ширина конуса выноса – 20 м, максимальная мощность отложений в месте выхода в прирусловую часть реки Полометь – 1,1 м.

Тип селя – грязекаменный (рисунок 6).

В обоих рассмотренных случаях только отсутствие на пойме промышленной инфраструктуры и жилых строений позволило избежать жертв и больших восстановительных затрат (рисунок 7).



Рисунок 7. Карчеход остановился перед жилым домом в д. Варницы. Фото В.В. Романова (<http://www.valdayadm.ru/9-iyul-2013-1800/o-chrezvychaynoy-situacii>)

Figure 7. The submerged tree drifting stopped in front of a residential building in Varnitsy. Photo by V.V. Romanov (<http://www.valdayadm.ru/9-iyul-2013-1800/o-chrezvychaynoy-situacii>)

Выводы

1. Наличие уклонов, даже на локальных участках, превышающих (в зависимости от типа горной породы) 5° - 10° , создаёт возможность возникновения на равнинных малых реках несвязных селей (наносоводных потоков). Например, количество таких малых рек в Новгородской области, по экспертной оценке, составляет 20%.

2. Наличие на равнинных реках даже локальных участков с уклонами прирусловых/пойменных частей больших 100% создаёт условия для формирования грязевых и грязекаменных селей.

Грязевые и грязекаменные сели малого объёма формируются на равнинных территориях не только в оврагах, но и в руслах постоянных и временных малых водотоков и в эрозионных

бороздах на склонах холмов и речных террас. Плотность грязекаменных и грязевых селей малых объёмов, формирующихся в эрозионных врезках на склонах холмов и речных террас, может достигать 2000 кг/м^3 , наносоводных потоков, проходящих по руслам малых рек, – $1100\text{-}1200 \text{ кг/м}^3$.

3. В практике изысканий и проектирования вероятность формирования селей на равнинных территориях не рассматривается. Соответственно практически никогда особенности местности (русловые уклоны), позволяющие формироваться селям, не учитываются, а при проектировании гидротехнических сооружений рассчитываются нагрузки, создаваемые водными потоками плотностью до 1000 кг/м^3 , а не селевыми и селеподобными потоками плотностью $1100\text{-}2000 \text{ кг/м}^3$.

4. Необходимо в кратчайшие сроки ввести дополнения в СП 479.1325800.2019 «Инженерные изыскания для строительства в районах развития селевых процессов. Общие требования» и СП 33-101 «Свод Правил по определению

расчётных гидрологических характеристик» в части требований проведения селевых изысканий на любых территориях и соответствующих расчётов гидрологических характеристик на малых реках как на селеопасных.

Литература

Айзенберг М.М., Грачева Л.Н. Селевые потоки на юге и юго-западе европейской территории Советского Союза // Труды Украинского научно-исследовательского гидрометеорологического института. 1975. Вып. 140. С. 148-161.

Айзенберг М.М., Семенихина А.С. К природе антропогенных селей // Труды Украинского научно-исследовательского гидрометеорологического института. 1978. Вып. 168. С. 109-114.

Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций Российской Федерации / Под общ. ред. С.К. Шойгу. М.: Дизайн. Информация. Картография, 2010. 696 с.

Бодров В.А. Проблема борьбы с эрозией почв в районе Каневских дислокаций // Материалы Всесоюзного совещания по борьбе с эрозией почв, (г. Москва, 12-16 декабря 1955 г.). М.: Сельхозгиз, 1957. С. 369-378.

Брылев В.А. Современные геодинамические процессы на территории Волгоградской агломерации // Сборник материалов 13-го пленарного межвузовского координационного совещания по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов (г. Псков, 13-15 октября 1998 г.). Псков: ПГУ, 1998. С. 178-179.

Виноградов Ю.Б. Этюды о селевых потоках. Л.: Гидрометеоиздат, 1980. 143 с.

Виноградов А.Ю., Виноградова Т.А. Селевые явления на равнинных территориях (на примере Новгородской области) // Материалы IV Международной конференции «Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита» (г. Иркутск, 6-10 сентября 2016 г.) Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2016. С. 50-54.

References

Aizenberg M.M., Gracheva L.N. Selevye potoki na yuge i yugo-zapade evropeiskoi territorii Sovetskogo Soyuz [Mudflows in the south and southwest of the European territory of the Soviet Union]. *Trudy Ukrainского nauchno-issledovatel'skogo gidrometeorologicheskogo institute [Proceedings of the Ukrainian Research Hydrometeorological Institute]*, 1975, iss. 140, pp. 148-161. (In Russian).

Aizenberg M.M., Semenikhina A.S. K prirode antropogennykh selei [To the nature of anthropogenic mudflows]. *Trudy Ukrainского nauchno-issledovatel'skogo gidrometeorologicheskogo institute [Proceedings of the Ukrainian Research Hydrometeorological Institute]*, 1978, iss. 168, pp. 109-114. (In Russian).

Bodrov V.A. Problema bor'by s eroziei pochv v raione Kanevskikh dislokatsii [The problem of combating soil erosion in the region of Kanev's dislocations]. *Materialy Vsesoyuznogo soveshchaniya po bor'be s eroziei pochv, (g. Moskva, 12-16 dekabrya 1955) [Materials of the All-Union meeting on combating soil erosion, (Moscow, December 12-16, 1955)]*, Moscow, Publ. Sel'khozgiz, 1957, pp. 369-378. (In Russian).

Brylev V.A. Sovremennye geodinamicheskie protsessy na territorii Volgogradskoi aglomeratsii [Modern geodynamic processes on the territory of the Volgograd agglomeration]. *Sbornik materialov trinadtsatogo plenarnogo mezhvuzovskogo koordinatsionnogo soveshchaniya po probleme erozionnykh, ruslovykh i ust'evykh protsessov (g. Pskov, 13-15 oktyabrya 1998 g.) [Collection of materials of the thirteenth plenary interuniversity coordination meeting on the problem of erosion, channel and estuarine processes (Pskov, October 13-15, 1998)]*, Pskov, Publ. of Pskov state university, 1998, pp. 178-179. (In Russian).

Виноградов А.Ю., Кадацкая М.М., Бирман А.Р., Виноградова Т.А., Обязов В.А., Кацадзе В.А., Угрюмов С.А., Бачеригов И.В., Коваленко Т.В., Хвалев С.В., Парфенов Е.А. Расчёт неразмывающих скоростей водного потока на высоте верхней границы пограничного слоя // Resources and Technology. 2019. Т. 16. №3. С. 44-61. DOI: [10.15393/j2.art.2019.4782](https://doi.org/10.15393/j2.art.2019.4782).

Вольфун И.Б., Крестовский О.И. Катастрофический ливневой паводок на Валдае // Метеорология и гидрология. 1961. №1. С. 40-43.

География овражной эрозии / Под ред. Е.Ф. Зориной. М.: Изд-во МГУ, 2006. 323 с.

Домогашев В.Н. Проектирование мостовых переходов в условиях карчехода // Тезисы докладов и сообщений региональной научно-практической конференции Основные направления повышения эффективности и качества капитального строительства в Красноярском крае (г. Красноярск, 10-12 июня 1982 г.). Часть III. Красноярск, 1982. С. 12-13.

Дрозд Н.И. Грязевые потоки в овражных районах Украины // Материалы V Всесоюзного совещания по изучению селевых потоков и мер борьбы с ними. Баку: Издательство Академии наук АзССР, 1962. С. 94-98.

Ещенко Н.Д., Кutowой С.С., Шпак И.С. Влияние хозяйственной деятельности на заиление речных долин // Влияние хозяйственной деятельности на водный баланс / Под ред. С.М. Перехрест. Киев, 1969. С. 87-104.

Казakov Н.А., Генсировский Ю.В. Паводки на малых реках низкогорья Ююжного и Среднего Сахалина как несвязные селевые потоки // Труды Второй конференции «Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита», посвященной 100-летию С.М. Флейшмана (г. Москва, 17-19 октября 2012 г.). М.: Географический факультет МГУ, 2012. С. 49-50.

Козменко А.С. Борьба с эрозией почв на сельскохозяйственных угодьях. М.: Сельхозгиздат, 1963. 208 с.

Лапердин В.К., Качура Р.А. Геодинамика опасных процессов в зонах природно-

Chernomorets S.S. Selevye issledovaniya v Rossii i stranakh byvshego Sovetskogo Soyuz: istoriya i perspektivy [Debris flow research in Russia and Former Soviet Union: history and perspectives]. *Trudy Mezhdunarodnoi elektronnoi konferentsii «Izmeneniya prirodnoi sredy na rubezhe tysyacheletii» [Proceedings of International Internet Conference "Change of Environment at the Turn of the Millennium"]*, Tbilisi-Moscow, 2006, p. 67-75. (In Russian; abstract in English).

Domogashev V.N. Proektirovanie mostovykh perekhodov v usloviyakh karchekhoda [Design of bridge crossings in the conditions of a submerged tree driftings]. *Tezisy докладov i soobshchenii regional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii Osnovnye napravleniya povysheniya effektivnosti i kachestva kapital'nogo stroitel'stva v Krasnoyarskom krae (g. Krasnoyarsk, 10-12 iyunya 1982) [Abstracts of reports and messages of the regional scientific and practical conference The main directions of increasing the efficiency and quality of capital construction in the Krasnoyarsk Territory (Krasnoyarsk, June 10-12, 1982)]*, Krasnoyarsk, 1982, part 3, pp. 12-13. (In Russian).

Droz N.I. Gryazeveye potoki v ovrazhnykh raionakh Ukrainy [Mud flows in ravine regions of Ukraine]. *Materialy pyatogo Vsesoyuznogo soveshchaniya po izucheniyu selevykh potokov i mer bor'by s nimi [Materials of the Fifth All-Union meeting on the study of mud flows and measures to combat them]*, Baku, Publ. of Academy of Sciences of the Azerbaijan SSR, 1962, pp. 94-98. (In Russian).

Eshchenko N.D., Kutovoi S.S., Shpak I.S. Vliyanie khozyaistvennoi deyatel'nosti na zailenie rechnykh dolin [The influence of economic activity on the siltation of river valleys]. In Perkhrest S.M. (ed.) *Vliyanie khozyaistvennoi deyatel'nosti na vodnyi balans [The influence of economic activity on the water balance]*, Kiev, 1969, pp. 87-104. (In Russian).

Kazakov N.A., Gensirovskii Yu.V. Pavodki na malykh rekakh nizkogor'ya Yuyuzhnogo i Srednego Sakhalina kak nesvyaznye selevye potoki [Floods on small rivers of southern and middle Sakhalin Island as incoherent debris-flows: the suspended

техногенных комплексов Восточной Сибири. Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2010. 311 с.

Леваднюк А.Т. Особенности развития овражной эрозии в оползневых районах Молдавии // Тезисы докладов Четвертой Всесоюзной научной конференции «Закономерности проявления эрозионных и русловых процессов в различных природных условиях» (г. Москва, 24-26 декабря 1987 г.). М.: МГУ, 1987. С. 155.

Любимов Б.П. Селевые потоки в оврагах на Сатинском полигоне МГУ // Доклады и сообщения 16-ого пленарного межвузовского координационного совещания по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов (г. Санкт-Петербург, 2-4 октября 2001 г.). СПб.: МГУ-СПбГУВК, 2001. С. 150-151.

Любимов Б.П., Перов В.Ф. Селевые потоки в оврагах равнин // Вестник МГУ. Серия 5. География. 2001. № 3. С. 56-62.

Перов В.Ф. Селевые явления на территории СССР // Итоги науки и техники. Серия Гидрология суши. Том 7. М.: ВИНТИ, 1989. 147 с.

Перов В.Ф. Селеведение: учебное пособие. М.: МГУ, 2012. 272 с.

Прока В.Е. Будущее природы агропромышленного района. Кишинев: Штиинца, 1983. 237 с.

Прока В.Е., Яковлев В.М. О селевых явлениях на территории Молдавии // Охрана природы Молдавии. 1969. Выпуск 7. С. 15-23.

Сальников П.И. Оврагообразование, селевые паводки и песчаные заносы в городах Забайкалья и борьба с ними // Записки Забайкальского отдела Всесоюзного географического общества СССР. 1963. Выпуск 22. С. 77-92.

Сластухин В.В. Селевые потоки Молдавского Приднестровья // Материалы Первой Научной конференции по проблемам развития и размещения производит. сил Приднестровья «Проблемы использования природных богатств и охраны природы». Львов: Каменяр, 1969. С. 30-32.

streams Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection]. *Trudy Vtoroi konferentsii «Selevye potoki: katastrofy, risk, prognoz, zashchita», posvyashchennoi 100-letiyu S.M. Fleishmana (g. Moskva, 17-19 oktyabrya 2012)* [Proceedings of the Second Conference «Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection» dedicated to 100th anniversary of S.M. Fleishman (Moscow, October 17-19, 2012)], Moscow, Publ. of Faculty of Geography MSU, 2012, pp. 49-50. (In Russian; abstract in English).

Kozmenko A.S. *Bor'ba s eroziei pochv na sel'skokhozyaistvennykh ugod'yakh [Combating soil erosion on agricultural land]*. Moscow, Publ. Selkhozgizdat, 1963. 208 p. (In Russian).

Laperdin V.K., Kachura R.A. *Geodinamika opasnykh protsessov v zonakh prirodno-tekhnogennykh kompleksov Vostochnoi Sibiri [The geodynamics of hazardous processes in the zones of natural-technical complexes of East Siberia]*. Irkutsk, Publ. of Institute of the Earth's Crust SB RAS, 2010. 311 p. (In Russian).

Levadnyuk A.T. *Osobennosti razvitiya ovrazhnoi erozii v opolznevnykh raionakh Moldavii [Features of the development of gully erosion in landslide regions of Moldova]. Tezisy докладов Chetvertoi Vsesoyuznoi nauchnoi konferentsii «Zakonomernosti proyavleniya erozionnykh i ruslovykh protsessov v razlichnykh prirodnykh usloviyakh» (g. Moskva, 24-26 dekabrya 1987)* [Abstracts of the Fourth All-Union Scientific Conference "Patterns of manifestation of erosion and channel processes in various natural conditions" (Moscow, December 24-26, 1987)]. Moscow, Publ. of MSU, 1987, pp. 155. (In Russian).

Lyubimov B.P. *Selevye potoki v ovragakh na Satinskom poligone MGU [Mudflows in ravines at the Satinsky test site of Moscow State University]. Doklady i soobshcheniya 16-ogo plenarnogo mezhvuzovskogo koordinatsionnogo soveshchaniya po probleme erozionnykh, ruslovykh i ust'evykh protsessov (g. Sankt-Peterburg, 2-4 oktyabrya 2001)* [Reports and messages of the 16th plenary interuniversity coordination meeting on the problem of erosion, channel and estuarine processes (St. Petersburg, October 2-4, 2001)], St. Petersburg,

Сластикин В.В. Процесс эрозии на селеактивных водосборах в Молдавии // Тезисы докладов Четвертой Всесоюзной научной конференции «Закономерности проявления эрозионных и русловых процессов в различных природных условиях» (г. Москва, 24-26 декабря 1987 г.). М.: МГУ, 1987. С. 136-137.

Черноморец С.С. Селевые исследования в России и странах бывшего Советского Союза: история и перспективы // Труды Международной электронной конференции «Изменения природной среды на рубеже тысячелетий». Тбилиси-Москва, 2006. С. 67-75.

Швебс Г.И. Селевые явления в негорных районах Украины // Метеорология, климатология и гидрология. 1969. Выпуск 5. С. 181-186.

Яблонский В.В. Сель в Киеве // Свет. Природа и человек. 1991. № 7. С. 32-33.

Publ. MSU-SPbGUVK, 2001, pp. 150-151. (In Russian).

Lyubimov B.P., Perov V.F. Selevye potoki v ovragakh ravnin [Mudflows in the ravines of the plains]. *Vestnik MGU. Seriya 5. Geografiya [Vestnik MSU. Series 5. Geography]*, 2001, no. 3, pp. 56-62. (In Russian; abstract in English).

Perov V.F. *Selevye yavleniya na territorii SSSR [Mudflows in the USSR]*. Moscow, Publ. of VINITI, 1989, 147 p. (In Russian).

Perov V.F. *Selevedenie: uchebnoe posobie*. Moscow, Moscow University Press, 2012. 272 p. (In Russian).

Proka V.E. *Budushchee prirody agropromyshlennogo raiona [The future of nature in the agro-industrial region]*. Kishinev, Publ. Shtiintsa, 1983. 237 p. (In Russian).

Proka V.E., Yakovlev V.M. O selevykh yavleniyakh na territorii Moldavii [About mudflows on the territory of Moldova]. *Okhrana prirody Moldavii [Nature Protection of Moldova]*, 1969, iss. 7, pp. 15-23. (In Russian).

Sal'nikov P.I. Ovrageobrazovanie, selevye pavodki i peschanye zanosy v gorodakh Zabaikal'ya i bor'ba s nimi [Gully formation, mudflows and sand drifts in the cities of Transbaikalia and the fight against them]. *Zapiski Zabaikal'skogo otdela Vsesoyuznogo geograficheskogo obshchestva SSSR [Notes of the Transbaikal Department of the All-Union Geographical Society of the USSR]*, 1963, iss. 22, pp. 77-92. (In Russian).

Shoigu S.K. (ed.) *Atlas prirodnykh i tekhnogennykh opasnostei i riskov chrezvychainykh situatsii Rossiiskoi Federatsii [Atlas of natural and man-made hazards and risks of emergencies in the Russian Federation]*. Moscow, Publ. "Dizain. Informatsiya. Kartografiya", 2010. 696 p. (In Russian).

Shvebs G.I. Selevye yavleniya v negornykh raionakh Ukrainy [Mudflows in non-mountainous regions of Ukraine]. *Meteorologiya, klimatologiya i gidrologiya [Meteorology, climatology and hydrology]*, 1969, iss. 5, pp. 181-186. (In Russian).

Slastikhin V.V. Selevye potoki Moldavskogo Pridnestrov'ya [Mudflows of Moldavian

Transnistria]. *Materialy Pervoi Nauchnoi konferentsii po problemam razvitiya i razmeshcheniya proizvodit. sil Pridnestrov'ya «Problemy ispol'zovaniya prirodnikh bogatstv i okhrany prirody» [Materials of the First Scientific Conference on the Problems of Development and Distribution of the Productive Forces of Transnistria "Problems of Using Natural Resources and Environmental Protection"]*, Lvov, Publ. Kamenyar, 1969, pp. 30-32. (In Russian).

Slastikhin V.V. Protsess erozii na selektivnykh vodosborakh v Moldavii [The process of erosion on mudflow catchments in Moldova]. *Tezisy dokladov Chetvertoi Vsesoyuznoi nauchnoi konferentsii «Zakonomernosti proyavleniya erozionnykh i ruslovykh protsessov v razlichnykh prirodnikh usloviyakh» (g. Moskva, 24-26 dekabrya 1987) [Abstracts of the Fourth All-Union Scientific Conference "Patterns of manifestation of erosion and channel processes in various natural conditions" (Moscow, December 24-26, 1987)]*, Moscow, Publ. of MSU, 1987, pp. 136-137. (In Russian).

Vinogradov Yu.B. *Etyudy o selevykh potokakh [Sketches about mudflows]*. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1980. 143 p. (In Russian).

Vinogradov A.Yu., Kadatskaya M.M., Birman A.R., Vinogradova T.A., Obyazov V.A., Katsadze V.A., Ugryumov S.A., Bacherikov I.V., Kovalenko T.V., Khvalev S.V., Parfenov E.A. Raschet nerazmyvayushchikh skorostei vodnogo potoka na vysote verkhnei granitsy pogrannichnogo sloya [Calculation of non-eroding water flow velocities at the height of the upper boundary layer]. *Resources and Technology [Resources and Technology]*, 2019, vol. 16, no. 3, pp. 44–61. DOI: [10.15393/j2.art.2019.4782](https://doi.org/10.15393/j2.art.2019.4782). (In Russian; abstract in English).

Vinogradov A.Yu., Vinogradova T.A. Selevye yavleniya na ravninnykh territoriyakh (na primere Novgorodskoi oblasti) [Mudflows in flat areas (on the example of the Novgorod region)]. *Materialy Chetvertoi Mezhdunarodnoi konferentsii «Selevye potoki: katastrofy, risk, prognoz, zashchita.» (g. Irkutsk, 6-10 sentyabrya 2016) [Materials of Forth International Conference "Debris flows:*

risks, forecast, protection" (Irkutsk, September 6-10, 2016)], Irkutsk: Publ. of the Institute of Geography SB RAS, 2016, pp. 50-54. (In Russian).

Vol'f'sun I.B., Krestovskii O.I. Katastroficheskie livnevoi pavadok na Valdae [Catastrophic flash flood in Valdai]. *Meteorologiya i gidrologiya [Russian Meteorology and Hydrology]*, 1961, no. 1, pp. 40-43. (In Russian; abstract in English).

Yablonskii V.V. Sel' v Kieve [Mud in Kiev]. *Svet. Priroda i chelovek [Light. Nature and man]*, 1991, no. 7, pp. 32-33. (In Russian).

Zorina E.F. (ed.) Geografiya ovrazhnoi erozii [Geography of gully erosion]. Moscow, Publ. of MSU, 2006. 323 p. (In Russian).