

Оригинальная статья

УДК 627.157:624.131.1

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2023-5-81-87>



ГРАВИТАЦИОННОЕ ДВИЖЕНИЕ ГРУНТОВ НА СКЛОНАХ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Корженевский Борис Игоревич, канд. геол.-мин. наук, старший научный сотрудник;

ORCID:0000-0001-7663-9677; Scopus: 57195526993; SPIN-код: 4475-8455, AuthorID: 350982; 542609@list.ru

Коломийцев Николай Владимирович , канд. геол.-мин. наук, заведующий отделом;

ORCID:0000-0001-8169-7644; SPIN-код: 6298-6146, AuthorID: 546333; kolomiytsev@vniigim.ru

Толкачев Глеб Юрьевич , канд. геогр.наук, старший научный сотрудник;

ORCID: 0000-0001-6983-7106; SPIN-код: 7258-6870, AuthorID: 70414; k-26@yandex.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова; 127434, г. Москва, ул. Б. Академическая, 44, корп. 2, Россия

Аннотация. Рассмотрены два из наиболее распространенных склоновых экзогенных геологических процессов: поверхностный смыв и оползневой. Эти процессы способствуют поступлению иловатой фракции в донные отложения водных объектов. Изучение загрязнения водных объектов тяжелыми металлами по-прежнему сохраняет актуальность при оценке геоэкологического состояния окружающей среды. На примере бассейна реки Волги предлагаются принципы и представлено районирование крупного водного объекта. По природно-техногенным признакам выделены по иерархическому признаку участки четырех категорий для осуществления мониторинга загрязнения территории тяжелыми металлами. Осуществлено районирование ложа водных объектов по распространению иловатых отложений – сорбентов загрязнителей. Представлены элементы энергетического подхода, дающие понимание наиболее вероятных пунктов нахождения загрязнителей – энергетических ловушек и потенциальных барьеров. Приведены практические примеры распространения загрязнителей в природно-техногенной среде и взаимодействие в системе оползня природных и техногенных процессов. Для оползневого процесса представлены наиболее типичные взаимодействия геологического тела и техногенных объектов. На примере наиболее типичных для Европейской части России оползней течения представлены мероприятия, направленные на их стабилизацию, а также воздействия, способствующие их активизации. Рассмотрены природные и техногенные потенциальные барьеры для оползневого процесса.

Ключевые слова: водные объекты, геоэкологическое районирование, участки четырех категорий, мониторинг загрязнения, оползневой процесс, противооползневые мероприятия, энергетические ловушки, потенциальные барьеры

Формат цитирования: Корженевский В.И., Коломийцев Н.В., Толкачев Г.Ю. Гравитационное движение грунтов на склонах и их влияние на состояние водных объектов // Природообустройство. 2023. № 5. С.81-87. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2023-5-81-87>

© Корженевский В.И., Коломийцев Н.В., Толкачев Г.Ю., 2023

Original article

GRAVITATIONAL MOVEMENT OF SOILS ON SLOPES AND THEIR INFLUENCE ON THE CONDITION OF WATER BODIES

Korzhenevsky Boris Igorevich, candidate of geol.-min. Sciences, senior researcher,

ORCID:0000-0001-7663-9677; Scopus: 57195526993; SPIN code: 4475-8455, AuthorID: 350982; 542609@list.ru

Kolomiytsev Nikolay Vladimirovich , candidate of geol.-min.sciences, head of the Department,

ORCID:0000-0001-8169-7644; SPIN code: 6298-6146, AuthorID: 546333; kolomiytsev@vniigim.ru

Tolkachev Gleb Yurievich , candidate of geographical sciences, senior researcher;

ORCID: 0000-0001-6983-7106; SPIN code: 7258-6870, AuthorID: 70414; k-26@yandex.ru

All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakova; 127434, Moscow, st. B. Akademicheskaya, 44, bldg.2, Russia

Abstract. The purpose of the research is to study the features of the movement of particles, aggregates and geological bodies (landslides) downhill under the influence of a number of natural and man-made factors, to study the most common natural and man-made objects that reduce the activity

of the development of slope processes. Two of the most common slope exogenous geological processes are considered – surface flushing and landslide. These processes contribute to the entry of silt fraction into the sediments of water bodies. The study of pollution of water bodies with heavy metals still remains relevant when assessing the geo ecological state of the environment. On the Volga River basin the principles are proposed and the zoning is presented. According to natural and technogenic objects, four categories of sites were allocated hierarchically for monitoring the pollution of the territory with heavy metals. The zoning of the bed of water bodies for the distribution of silty sediments – sorbents of pollutants was carried out. The elements of the energy approach are presented, giving an understanding of the most likely locations of pollutants – energy traps and potential barriers. Practical examples of the spread of pollutants in the natural and man-made environment and the interaction of natural and man-made processes in the landslide system are given. For the landslide process, the most typical interactions between a geological body and man-made objects are presented. On the example of the most typical landslides for the European part of Russia, the measures aimed at their stabilization, as well as the impacts contributing to their activation, are presented. Natural and man-made potential barriers to the landslide process are considered.

Key words: water bodies, geo ecological zoning, sites of four categories, pollution monitoring, landslide process, anti-landslide measures, energy traps, potential barriers

Format of citation: Korzhenevsky V.I., Kolomiitsev N.V., Tolkachev G.Yu. Gravity movement of soils on slopes and their influence on the state of water bodies // *Prirodooobustroistvo*. 2023. No. 5. P. 81-87. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2023-5-81-87>

Введение. Рассмотрены два из наиболее распространенных склоновых процессов: поверхностный смыв и оползневой процесс. При поверхностном смыве в водные объекты попадают тяжелые металлы – продукты эпохи индустриализации. Оползневой процесс – атрибут всех склонов, превышающих определенную крутизну. С середины прошлого века бассейны крупных рек Европейской части России зарегулированы комплексом плотин электростанций, системой шлюзов. На берегах рек значительно возросла техногенная нагрузка от селитебных агломераций и объектов промышленной и сельскохозяйственной деятельности. В то же время специалисты [1, 2] отметили, что человек и его экспансия в природной среде определили его как весьма весомый элемент геолого-геоморфологической эволюции ландшафтов, и ее результаты должны, безусловно, учитываться при соответствующих исследованиях. Все перечисленное и другие факторы техногенного характера определили поступление в водные объекты тяжелых металлов (ТМ), их сорбирование в тонкой фракции донных отложений (ДО). Это приводит как к первичному, так и ко вторичному загрязнению водных объектов, наносит вред фауне и флоре этих объектов, создавая дискомфорт для жителей населенных пунктов, расположенных на побережье водных объектов.

Проблема борьбы с оползневым процессом насчитывает существенно большее количество лет, но весьма активная переработка берегов в Европейской части России началась после строительства каскада водохранилищ в те же годы. Факторами, активизирующими этот процесс, явились активные строительные работы в период

индустриализации и восстановления народного хозяйства в стране.

Наряду с техногенными воздействиями (ТВ) существуют и природные многолетние циклы активизации склоновых процессов, которые в совокупности с ТВ приводили и продолжают приводить к некомфортному состоянию природно-техногенных ландшафтов и, соответственно, к сложностям в эксплуатации различных объектов. Основной решаемой задачей является определение факторов и природно-техногенных условий, необходимых для противодействия исследуемым геологическим процессам.

Целью исследований является изучение особенностей перемещения частиц, агрегатов и геологических тел (оползней) вниз по склону под воздействием ряда природных и техногенных факторов, исследование наиболее часто встречающихся природных и техногенных объектов, снижающих активность развития склоновых процессов.

Результаты и их обсуждение. При районировании больших рек для оценки загрязнения территории ТМ достаточно четко выделяются три таксона различных иерархических уровней. К наибольшему (участкам первой категории) по природно-техногенному признаку относятся участки речной долины, ограниченные по ее бортам водораздельными поверхностями и дамбами соседних водохранилищ [3] по течению реки. Меньшие по площади таксоны (участки второй категории) представлены городскими и поселковыми агломерациями, расположенными в пределах участков первой категории [3] либо на пограничных территориях. К участкам

третьей категории отнесены бассейны малых чистых или незначительно загрязненных рек. Обязательным элементом при изучении загрязнения ДО ТМ являются участки четвертой категории, на которых проводятся специальные наблюдения как уточняющего характера для более крупных таксонов, так и отдельные целевые исследования объектов, представляющих научный и практический интерес вне рамок наблюдений общего характера. На участках первых трех категорий обычно проводятся режимные наблюдения с определенной повторяемостью. Такое районирование, основанное на природных и техногенных особенностях территории, произведено авторами для понимания необходимых режимных наблюдений на примере бассейна Иваньковского водохранилища Верхней Волги [4-5].

Структура режимных наблюдений представляется следующей: при начале мониторинговой миссии производится отбор проб ДО по нескольким профилям водного объекта в наиболее характерных местах: например, в устьевой части водохранилища (если это возможно), выше и ниже по течению относительно селитящих зон, вблизи дамбы водохранилища в нижнем бьефе, в местах впадения крупных притоков и в пределах других элементов природно-техногенных структур. На основании первичного мониторинга определяются наиболее важные для исследований пункты, на которых осуществляются дальнейшие мониторинговые действия в соответствии с поставленными целями и задачами работ. Дальнейшая повторяемость при подобных исследованиях может составлять 5-10 лет для участков первой категории, 2-4 года для участков второй категории и 5-10 лет для участков третьей категории. Эти величины не являются догмой, возможна их корректировка в зависимости от различных факторов и условий.

Особое место занимает повторяемость наблюдений на участках четвертой категории,



Рис. 1. Районирование водохранилища по условиям накопления иловатых донных отложений

Fig. 1. Zoning of the reservoir according to the conditions of accumulation of silty sediments

которая может быть как ежедневной (например, при залповом попадании загрязнителей в водный объект), так и сезонной и менее частой.

Отметим, что в пределах водохранилища достаточно четко прослеживаются следующие участки распространения иловатых ДО – сорбентов ТМ. Ниже по течению относительно дамбы или плотины водохранилища выделяется подзона сплошного промывного режима, где пытаться найти иловатые отложения нецелесообразно, так как мощности потока достаточно для переноса частиц тонкой и мелкой фракций на значительные расстояния. По мере удаления от плотины и уменьшения скорости потока возникают участки локального осадконакопления, на которых в зависимости от мощности потока, определяемой как природными, так и техногенными факторами, иловатые отложения распространены спорадически, занимаемые ими площади изменяются во внутrigодовом режиме. При дальнейшем ослаблении потока формируется подзона преобладающего осадконакопления. В ее пределах существуют как сезонные, так и многолетние участки распространения иловатых отложений. При значительном замедлении потока в верхнем бьефе формируется подзона сплошного осадконакопления с многолетней толщей илов.

Схема распространения и накопления иловатых отложений приведена на рисунке 1.

Почти гарантированный отбор проб иловатых ДО можно уверенно осуществлять в зоне преимущественного накопления наносов. При должной практике возможен отбор и в подзоне локального осадконакопления. В соответствии с целями и задачами исследований отбор грунтов может производиться и на склонах, но интегральный показатель загрязнения территории ТМ все же определяется по ДО.

Для понимания представляющих наибольший интерес пунктов отбора загрязненных грунтов нередко используется энергетический подход [4-7]. Его компактное содержание сводится к следующему.

Существует внутренняя электромагнитная энергия, слагающаяся из сил притяжения и отталкивания в молекулах и атомах и, соответственно, в геологическом теле, далее рассматриваемая как энергия связей $E_{св}$ грунтовой толщи. Она является комплексным показателем прочности, вязкости, липкости и других физических и химических характеристик, препятствующих разрушению геологического тела. Последнее, находясь на некоторой высоте, обладает гравитационной энергией $E_{гр}$ и некоторым потенциалом перемещения вниз по склону. Для тел, находящихся

в квазистационарном состоянии, для начала перемещения вниз по склону необходима дополнительная (активационная Еак) энергия.

Изучение оползневых процессов имеет существенно более продолжительную историю. В течение десятков лет производились как региональные, так и специальные наблюдения за механизмом и факторами, определяющими процесс. В настоящее время ввиду различных обстоятельств режимные наблюдения значительно сократились, и текущая информация о состоянии процесса является весьма ограниченной.

В нашем случае при исследовании дисперсных грунтов на пути движения частицы или геологического тела встречаются энергетические ловушки – природные и техногенные структуры, после попадания в которые частице или телу требуется немалая Еак для последующего выхода из энергетической ловушки и движения и потенциальные барьеры, которые частица или тело не могут преодолеть без значительной привносимой Еак в виде интенсивнейшего техногенного воздействия. К последним относятся плотины водохранилищ и дамбы естественных и искусственных водных объектов, ДО вблизи которых могут изыматься только при помощи рефулирования, экскавации и прочих видах хозяйственной деятельности.

Из рассмотренного энергетического подхода возникает понимание того, что загрязнения целесообразно искать в различных депрессиях рельефа на территориях селитебных зон, в мелких водотоках и водоемах, в тыловых частях пойм и террас, а возможно, и на действующих полях после аномальных паводков. К наиболее типичным энергетическим ловушкам относится ряд как природных, так и техногенных структур: например, участки накопления частиц, выпадающих из вод, стекающих из лотков вдоль автомобильных дорог; участки рек с обратным течением, приуроченным к устоям мостов; меандры с интенсивной растительностью; депрессии в русловых частях рек, возникшие в результате рефулирования и прочих видов отбора песков. Все эти объекты, как и многие другие, являются энергетическими ловушками и могут быть индикаторами поступления загрязнителей в водный объект при аномальных паводках.

Для понимания объема загрязнения важным является фактор разбавления загрязнителей иловатыми отложениями, то есть единица загрязнителей может попадать в единицу сорбирующих отложений, а возможно ее разбавление в условной тысяче единиц сорбента. Зависимость удельного загрязнения в значительной

степени (наряду с количеством поступающего загрязняющего вещества) зависит от наличия тонкой фракции в ДО, что в свою очередь определяется геологическим строением речных эродированных склонов.

В бассейне Верхней Волги эродированные склоны представлены преимущественно четвертичными отложениями моренного и флювиогляциального генезисов с незначительным содержанием пылеватой и глинистой фракций, что обуславливает на порядки большее разбавление ТМ в нижерасположенных водохранилищах: в Куйбышевском, Саратовском, Волгоградском и ниже по течению. На этих участках перерабатываются преимущественно юрские и меловые глинистые и суглинистые отложения, и несмотря на наличие там более крупных городских агломераций, чем в бассейне Верхней Волги, площадное загрязнение ДО ТМ в нижнем течении ниже, чем в верхнем.

В качестве примеров энергетических ловушек представим участок реки Пекши вблизи г. Кольчугино Владимирской области. При общей протяженности реки свыше 120 км примерно 8-10 км загрязненной реки находится ниже по течению относительно города с существовавшим в предыдущие десятилетия производством, определявшим поступление значительного количества ТМ в реку. Содержание Zn доходит до сильно загрязненного, что соответствует опасной техногенной нагрузке, Cd и Cu соответствуют средне загрязненному уровню и умеренной нагрузке, Pb – умеренно загрязненному уровню [8].

В последние десятилетия как интенсивность производства, так и количество загрязнителей, поступающих в реку, сократились в несколько раз. Тем не менее шлейф загрязнения сохранился лишь с незначительным понижением уровня загрязнения вниз по течению. По сравнению с 2018 г. содержание Pb, Zn, Ni в двух точках ниже города существенно снизилось, а содержание Cr и Cu незначительно повысилось, концентрации остальных элементов остались практически неизменными. Показатели 2018 и 2019 гг. остаются практически в одном диапазоне уровня техногенной нагрузки [9]. Их флуктуации могут быть объяснены следующими факторами: гидрологические (обмеление и взмучивание ДО реки в 2019 г.); изменение состава поступления ТМ; вынос Cu из ДО в результате разложения органического вещества. На участке мониторинга протяженностью около 10 км происходит депонирование загрязнителей в энергетических ловушках, и ниже по течению р. Пекша является чистой относительно содержания ТМ в ДО, что

косвенно подтверждается наличием пескарей обыкновенных (*Gobio gobio*), которых специалисты считают индикаторами чистой реки.

На реке Клязьме в пос. Осеево Ногинского района Московской области энергетическая ловушка, представленная интенсивной травянистой растительностью на излучине реки и на пойме, после весеннего паводка позволила отобрать иловатые отложения со следующим содержанием микроэлементов: весьма высокое содержание As и Zn в районе поселка при отсутствии в непосредственной близости источников загрязняющих веществ – 6-й класс и чрезвычайно опасная нагрузка; Cr и Cu – 4 класс [10]. При последующем мониторинге на этом участке отмечено, что в русловых илах их загрязнение этими металлами является более низким [9].

Кратко поясним значение понятий, используемых в оползневой терминологии и классификации. Оползень – геологическое тело, ограниченное дневной поверхностью с одной стороны и зоной сдвига (поверхностью или системой поверхностей скольжения) со стороны грунтовой толщи. Оползневой процесс – смещения геологического тела «оползень» на более низкий гипсометрический уровень преимущественно под воздействием силы тяжести по ранее существовавшим или вновь возникшим поверхностям скольжения. Чем больше разница между пиковой прочностью и остаточной в дисперсных грунтах, тем более активным является оползневой процесс [11]. Оползневой процесс часто напрямую связан с техногенной деятельностью. Нередко они взаимосвязаны в системе, обуславливающей активизацию/стабилизацию одного в зависимости от активности другого.

Как можно энергетические положения применить к реальным склонам? Чем больше $E_{св}$ грунтовой толщи, тем выше горный массив – массив из скальных грунтов существенно выше, чем из дисперсных грунтов. Чем выше массив, тем больше его $E_{гр}$. Под воздействием природных или техногенных факторов, а также их совокупности с $E_{ак}$ при оползневом процессе возможны разрушение горного массива и возникновение крупных обвальных и оползневых структур. Аномально далекое перемещение упомянутых геологических тел объясняется весьма быстрым разрушением грунтов в зоне сдвига при поступлении $E_{ак}$, которой может являться сейсмическая волна, непродуманная деятельность человека и т.п., сокращением площади поверхности скольжения и, соответственно, возникновением значительного преобладания $E_{гр}$ над $E_{св}$. Природными примерами таких явлений из наиболее

известных являются подпрудные плотины озера Рица и Сарезского озера, значимые по объему обвалы в скальных грунтах Крыма, Кавказа, Камчатки и др. Чем меньше $E_{св}$ в грунтовой толще, тем менее энергетически оснащенными являются оползневые тела.

Наиболее ярко проявляющимися при оползневом процессе являются действия, направленные на предотвращение негативных последствий этого процесса. На рисунке 2 представлено изображение гипотетического оползня, составленное на основании изучения оползней течения южных склонов Крыма [12], Кавказа и Волжских водохранилищ и различных видов наиболее часто встречающегося ТВ и энергетических трансформаций в его пределах. Рассмотрен сложный оползень [13] течения по [14] с наиболее часто встречающимися воздействиями человека в его пределах.

Следует отметить, что в последнее время строительство на оползнях обычно производится при соответствующей инженерной подготовке, и если случаются деформации сооружений, они бывают незначительными, хотя отмечаются и исключения. Так, авторам известны строительство и разрушение дачных домиков на оползне вблизи г. Ульяновска, на Черноморском побережье в Краснодарском крае, в Одесской области и др. Оползни имеют базисом обычно водные объекты (море, водохранилище, река, овраг и т.п.), которые, являясь источником абразии или эрозии, приводят к повышению центра масс геологического тела, уничтожению природного котлована и др. Противоположностью такому процессу являются сооружения, предохраняющие склон от размыва. В зависимости от сложности и значимости объекта противооползневые мероприятия могут быть представлены отсыпками в языке оползня, набросками тетраподов, строительством подпорных стен и габионов, строительством «стен Карапетына», свайными рядами и полями, организацией комплекса мероприятий с общим названием «Набережная». Большинство из последних перечисленных являются в значительной степени потенциальными барьерами, обеспечивая локальную устойчивость оползневого склона при корректном исполнении.

Последним доводом проектировщиков при борьбе с оползнями, наряду с прочим комплексом мероприятий, обычно бывают буронабивные железобетонные сваи, которые при корректном исполнении хорошо выполняют свои функции и являются мощным потенциальным барьером. Однако авторам известны случаи, когда вследствие недоизученности оползней

свайные поля не были погружены в отложения грунтов, невовлеченных в оползневой процесс. Они явились утяжеляющим фактором и фактором активизации процесса (например, трасса в Алуштинском районе), близкорасположенные сваи способствовали отчленению части оползневого массива, расположенного ниже по склону (в Сочинском районе). На одном из крымских оползней в Симеизском районе его активизация произошла на следующий год после строительства ливневой (дождевой) канализации, и перечисление похожих примеров можно продолжить.

В общем виде энергетические трансформации в пределах оползневого тела обычно бывают следующими:

– При строительстве перехватывающих галерей выше оползневого тела ожидается

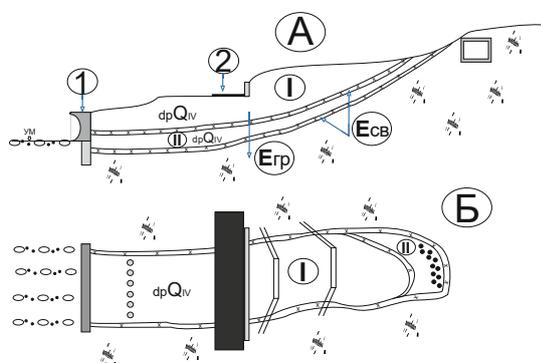


Рис. 2. Схема оползневого тела, техногенных воздействий и энергетических трансформаций:

Fig. 2. Diagram of the landslide body, man-made impacts and energy transformations:

Условные обозначения / Legend:

- ① «Стена Карапетыяна»
- ② Автодорожное (железнодорожное) полотно с подпорными стенами, габионами, лотковой канализации и т. п.
- dpQ_{IV} Оползневые отложения
- Ⓘ Верхний оползневой ярус
- Ⓜ Нижний оползневой ярус
- X X Зоны сдвига различных оползневых этажей (границы оползня)
- Отложения в корневом залегании
- Водоотводящая лотковая канализация на оползневой поверхности
- Галерея, перехватывающая грунтовые воды
- Свайные ряды (поля) - буронабивные ж/б сваи
- Набережная (комплекс противооползневых сооружений: сваи, тетраподы, стенки и т. п.)
- Галечники с валунами и песками (морские, озёрные или речные отложения)
- Зоны отбора (разгрузки) грунта в головной части оползня

сокращение поступления в пределы последнего грунтовых вод, то есть ожидается потенциальное понижение $E_{гр}$ геологического тела. Сходные функции ожидаются и от ливневой канализации.

– При строительстве сооружений, связанных с автомобильным или железнодорожным полотном, обычно строятся выемки и комплекс подпорных или удерживающих стен, габионов, водоотводящих лотков и др. Неоднозначный результат в этих случаях можно ожидать от вибровоздействия движущегося транспорта. Оно может производить как виброуплотнение, так и виброразрушение, то есть как повышение, так и понижение $E_{св}$ грунтовой толще.

– При строительстве сооружений на побережье водных объектов обычно возводится достаточный комплекс, предохраняющий склон от волнового разрушения и последующего оползания вследствие повышения $E_{гр}$ склоновый структуры.

Выводы

– Для различных иерархических уровней природно-техногенных структур предложены система отбора донных отложений и повторяемость отбора для определения характеристик загрязнения.

– Определены морфологические структуры рельефа: «энергетическая ловушка» и «потенциальный барьер», куда поступают на некоторое время и где депонируются на весьма продолжительное время тяжелые металлы; приведены примеры «энергетических ловушек».

– Типичными потенциальными барьерами являются дамбы водохранилищ, где загрязненные иловатые отложения значительной (до нескольких метров) мощности откладываются на десятилетия.

– При взаимодействии в системе «Техногенное воздействие-оползень» воздействия обычно направлены на противодействие активизации или на стабилизацию оползневой поверхности мероприятиями для создания потенциальных барьеров и снижения $E_{гр}$ оползневой тела.

– Комплекс мероприятий, направленный на противодействие оползневой активности, при достаточной геологической изученности и при корректном исполнении обычно приводит к положительным результатам. Чем более сложным и энергетически оснащенным является оползень, тем более сложными являются противооползневые мероприятия.

Список использованных источников

1. Сергеев Е.М., Голодковская Г.А., Зиангиров Р.С., Осипов В.И., Трофимов В.Т. Грунтоведение: учебник. М.: МГУ, 1983. 392 с.
2. Тер-Степанян Г.И. Начало пятеричного периода, или техногена (инженерно-геологический обзор): Сообщение № 5 лаборатории геомеханики АН Армянской ССР. Ереван, 1985. 100 с.
3. Корженевский Б.И., Толкачев Г.Ю., Ильина Т.А., Валиева А. Загрязнение донных отложений реки Клязьма тяжелыми металлами и мышьяком в пределах Московской области // Мелиорация и водное хозяйство. 2019. № 3. С. 34-39.
4. Корженевский Б.И. Факторы миграции тяжелых металлов в водные объекты и на сопредельных территориях // Международный технико-экономический журнал. 2019. № 4. С. 38-44.
5. Корженевский Б.И. Миграция тяжелых металлов в речных бассейнах и определяющие ее факторы // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2018. № 3 (155). С. 87-91.
6. Полунин Г.В. Экзогенные геологические процессы гумидной зоны умеренного климата (физические аспекты экзогенных процессов. М.: Наука, 1983. 347 с.
7. Полунин Г.В. Динамика и прогноз экзогенных геологических процессов. М.: Наука, 1989. 232 с.
8. Новосельцев В.Н. Техногенное загрязнение речных экосистем: монография. Под ред. В.Е. Райнина, Г.Н. Виноградовой. М.: Научный мир, 2002. 140 с. ISBN5-89176-189-0
9. Толкачев Г.Ю., Корженевский Б.И. Загрязнение тяжелыми металлами реки Пекши и оценка техногенной нагрузки // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2020. № 4 (164). С. 68-71.
10. Mueller G. Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins – Veraenderungenseit 1971. Umschau 79. 1979. H. 24. S. 778-783.
11. Емельянова Е.П. Основные закономерности оползневых процессов: М.: Недра, 1972. 308 с.
12. Корженевский Б.И., Борисенко Л.С., Корженевский И.Б., Новик Н.Н. Литологический контроль гравитационных процессов в горном Крыму // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел геологический. 1989. Т. 64, № 6. С. 98-109.
13. Петров Н.Ф. Оползневые системы. Сложные оползни. КИШИНЕВ: ШТИНЦА, 1988. 226 с.
14. Кюнтцель В.В. Закономерности оползневого процесса на Европейской территории СССР. М.: Недра, 1980. 213 с.

Критерии авторства / Authorship criteria

Корженевский В.И., Коломийцев Н.В., Толкачев Г.Ю. выполнили практические и теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись. Корженевский В.И., Коломийцев Н.В., Толкачев Г.Ю. имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов / The authors declares that there are no conflicts of interest

Поступила в редакцию / Received 17.04.2023

Поступила после рецензирования / Revised 28.08.2023

Принята к публикации / Accepted 28.08.2023

References

1. Sergeev E.M., Golodkovskaya G.A., Ziangerov R.S., Osipov V.I., Trofimov V.T. Soil Science: textbook. Moscow, MSU Publ., 1983. 392 p.
2. Ter-Stepanyan G.I. The Beginning of the pentary period or technogen (engineering and geological review). Report No. 5 of the laboratory of geomechanics of the Academy of Sciences of the Armenian Soviet Socialist Republic. Yerevan, 1985. 100 p.
3. Korzhenevskiy B.I., Tolkachev G.Yu., Ilyina T.A., Valieva A. Contamination of bottom sediments of the Klyazma River with heavy metals and arsenic within the Moscow region. Land reclamation and water management. 2019. № 3. P. 34-39.
4. Korzhenevskiy B.I. Factors of migration of heavy metals to water bodies and adjacent territories. International Journal of Engineering and Economics. 2019. № 4. P. 38-44.
5. Korzhenevskiy B.I. Migration of heavy metals in river basins and factors determining it. Usage and protection of natural resources in Russia. 2018. № 3 (155). P. 87-91.
6. Polunin G.V. Polunin, G.V. Exogenous geological processes of the humid zone of temperate climate (physical aspects of exogenous processes). Moscow, Nauka Publ., 1983. 347 p.
7. Polunin G.V. Dynamics and forecast of exogenous geological processes. Moscow, Nauka Publ., 1989, 232 p. ISBN5-02-003271-9.
8. Novoseltsev V.N. Technogenic pollution of river ecosystems: monograph. / Edited by V.E. Rainin, G.N. Vinogradova. M.: Scientific World, 2002. 140 p. ISBN5-89176-189-0
9. Tolkachev G.Yu., Korzhenevskiy B.I. Heavy metal pollution of the Peksha River and assessment of technogenic load. Use and protection of natural resources in Russia. 2020. № 4 (164). P. 68-71.
10. Mueller G. Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins – Veraenderungenseit 1971. Umschau 79. 1979. H. 24. S. 778-783.
11. Emelyanova E.P. Basic laws of landslide processes. Moscow: Nedra, 1972, 308 p.
12. Korzhenevskiy B.I., Borisenko L.S., Korzhenevskiy I.B., Novik N.N. Lithological control of gravitational processes in mountainous Crimea. Bulletin of the Moscow society of naturalists. Department of geology. 1989. V. 64. № 6. P. 98-109.
13. Petrov N.F. Landslide systems. Complex landslides. Kishinev.: Shtiintsa, 1988. 226 p.
14. Kuntzel V.V. Regularities of the landslide process in the European territory of the USSR. Moscow, Nedra Publ., 1980. 213 p.

Korzhenevsky V.I., Kolomiitsev N.V., Tolkachev G.Yu. carried out practical and theoretical research, on the basis of which they carried out a generalization and wrote a manuscript. Korzhenevsky V.I., Kolomiitsev N.V., Tolkachev G.Yu. have copyright on the article and are responsible for plagiarism.