

УДК 551.3.053(045)

*С.Н. Ковалев***ОСОБЕННОСТИ СТОКА ВОДЫ И НАНОСОВ В ОВРАГЕ В НАЧАЛЕ ПОЛОВОДЬЯ¹**

Формирование стока воды и наносов в овраге в разных природных зонах с гумидным климатом начинается до начала основного события половодья. Тип весны (адвективный или соляренный тип) определяет объем стока воды и наносов, который формируется в зависимости от объема снежных масс на его водосборе и в овраге. Параметры плотности массы снега, формирующейся в зависимости от чередования оттепелей и уплотнения снега под воздействием ветра, определяют характер стока воды по снежной массе или под снегом. При адвективном типе весны водный поток практически не производит никакой эрозионной работы. Соляренному типу весны соответствует активный размыв бортов и вершины оврага при незначительном воздействии на тальвег. Цель настоящей работы – показать роль снежных масс на водосборе и в овраге и их влияние на формирование стока воды и наносов в предполоводный период при разных типах весны. Работа выполнена на основании наблюдений во время полевых работ в разных регионах страны и показала, что сток воды в овраге на начальной стадии половодья зависит от условий формирования снежных масс на водосборе и в овраге. Установлено, что накопленные за зиму массы снега неоднозначно влияют на сток воды в предполоводье и во многом зависят от конкретных погодных условий и антропогенного воздействия на овражный водосбор.

Ключевые слова: овраг, сток воды, сток наносов, половодье.

DOI: 10.35634/2412-9518-2023-33-3-328-334

Снеготаяние в половодный период можно разделить на два этапа. Подготовительный – когда накопившаяся на водосборе снежная масса уплотняется, и при этом изменяются ее физико-механические свойства, способствующие, с одной стороны, накоплению талой воды, а с другой – формированию фирноподобной внутренней структуры, благоприятствующей стоку воды. Основной – собственно прохождение половодья. В зависимости от погодных условий и трансформации снежной массы на водосборе сток воды с водосбора может растягиваться на несколько дней или сокращаться до нескольких часов. От типа весны – адвективного или соляренного – зависит интенсивность стока воды в овраге. При солярном типе весны пики расходов воды и наносов в овраге и на полях практически совпадают по времени, в то время как при адвективном типе весны сток в оврагах имеет два пика: первый связан со снеготаянием на водосборе, второй – с таянием снега в овраге. Пики стока воды и наносов при адвективном типе значительно различаются по объемам стока, что связано со снегозапасами на водосборе и в самом овраге [1].

Во всех природных зонах с гумидным климатом овраги и овражно-балочные системы являются аккумуляторами снега. Объемы накопленного снега, в конечном счете, определяют интенсивность эрозионных процессов в овраге. Природные условия определяют характер аккумуляции и плотность снега, что создает определенные условия стока воды и наносов в начале снеготаяния. Наиболее это выражено в лесной зоне и в тундре, где снег стаивает в зависимости от погодных условий, морфологии рельефа, степени залесенности и антропогенного влияния на условия снеготаяния и может растягиваться на длительное время. В лесостепной и степной зонах снеготаяние, вне зависимости от типа весны, происходит ускоренно по сравнению с лесной зоной и тундрой.

Характер стока воды в овраге зависит от плотности снега и от природно-климатических условий: в лесной зоне плотность снега – 0,12–0,18 г/см³. В степной зоне и тундре плотность снега составляет 0,4–0,45 г/см³. За время снеготаяния плотность снега меняется: от 0,35 г/см³ в начале, 0,45 г/см³ в разгар снеготаяния и до 0,5–0,6 г/см³ в его конце. При этом, при определенных условиях, происходит фирнизация снега. На глубине 1/3–1/2 по мощности снег приобретает вертикальную отдельность, что влияет на фильтрационные свойства толщи снега [2; 3]. Плотность снега играет большую роль в формировании стока воды в овраге. Уплотненный снег, вследствие метелевого переноса на открытых пространствах степи и тундры, создает особые условия стока воды по снегу. Важное влияние на формирование стока воды в этих природных зонах имеет ориентировка овражной формы по отношению к основным

¹ Исследование выполнено по планам НИР (ГЗ) научно-исследовательской лаборатории эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова (№ 121051200166-4)

сезонным направлениям ветров и погодным условиям во время половодья. В степных районах, в основном сельскохозяйственно освоенных, резкое нарастание температур весной приводит к резкому увеличению стока воды, иногда залповому. Снег, скопившийся в овраге, быстро вымывается из него, при этом из-за не успевшего протаять грунта, эрозионная работа потока минимальна.

Цель данной работы – показать роль трансформации снежной массы на водосборе на начальном этапе снеготаяния и влияние антропогенного фактора на формирование и темп половодного стока в овраге.

Материалы и методы исследований

Работа выполнена на основании литературных данных и натурных исследований в разных регионах страны. В зоне тундры – полуостров Ямал, лесной зоны – Калужская область, степной – Саратовская область.

Результаты и их обсуждение

В *тундре*, в частности на Ямале, в весенний период в отдельных оврагах глубина снежного покрова достигает 6–7 метров, при средних плотностях снега 0,5–0,6 г/см³. В годы с большим количеством зимних осадков овраги шириной до 60–70 м часто заносятся снегом полностью, а овраги шириной до 20 м – ежегодно по бровки. По данным Ю.П. Москвина [4], к концу зимнего периода около 25 % запасов воды в снежном покрове аккумулируется в оврагах. В начале весеннего снеготаяния из-за высокой плотности снега сток воды в оврагах начинается поверх снежного покрова по оси ложбины, и в снежном покрове оврага формируется практически прямолинейное русло. В течение 2–4 суток после начала стока вода промывает себе снежное русло, которое постепенно понижается в толще снега, пока не достигнет дна оврага [4]. Этому же способствуют большие амплитуды суточного хода температур воздуха, при которых возрастает плотность снега при замерзании воды, просочившейся в снег в ночное время [5]. По наблюдениям, формирование стока поверх снега зависит от сопряжения ложбины стока на водосборе: при плавном сочленении ложбины стока водосбора с заснеженным тальвегом оврага достаточно длительное время водный поток движется поверх снега. А при наличии вершинного уступа оврага (или при значительном увеличении уклона его тальвега) сначала быстро промывается снежная масса в тальвеге водосбора, достигая грунта в его вершине. При этом образуется своеобразный водобойный колодец, препятствующий стоку поверх снега, и водный поток уходит вниз до тальвега оврага. Далее сток воды происходит в снежной массе, не контактируя с грунтом. Вырытый шурф в снеге (мощностью 4 метра) показал, что водный поток (расход воды в вершине 0,0048 м³ [6]) концентрируется в подножье снежной массы. Вода фильтруется через снег в придонной части снежной массы. Мощность зоны фильтрации – до 50 см, из которых 90 % воды приходилось на пласт толщиной 5–10 см. Как показал К.Ф. Войтковский, [7] по мере усиления таяния снега зона фильтрации воды увеличивается, температура снега в ней повышается до 0 °С и в снеге образуются постепенно расширяющиеся микроканалы для стока воды, что, видимо, и соответствует описанному случаю.

Сток воды в начале половодья во многом зависит от суточных, и даже от часовых перепадов температур. Так, при солярном типе весны при малых объемах стока достаточно нескольких часов для образования глубокой, до днища оврага, промоины. Но при усилении ветра более 20 м/с температура воздуха у поверхности земли падает до нулевых значений (при этом термометры в ветровой тени показывают +5–7 °С), и сток воды значительно падает.

Большое значение в формировании стока воды в половодье имеет уровень антропогенной нагрузки. Так, строения в зоне добычи углеводородов, в частности в районе Бованенковского ГКМ (п-ов Ямал), оказывают активное, но кратковременное воздействие на снежную массу в овраге. На окраине вахтового поселка (Бованенково) была сооружена и запущена в начале июня 1999 г. вышка для сжигания избытков газа высотой 50 м. На расстоянии 100–150 м вокруг нее стремительно растаял снег. Поскольку вокруг нее не был возведен защитный технологический вал, образовавшаяся при таянии снега вода устремилась по ближайшей ложбине в овраг глубиной в вершине 2,5–3,0 м. В результате в снежной массе, заполняющей овраг, образовался туннель. Визуально он казался винтовым. Однако, как показало пространственное моделирование, он образовался при меандрировании потока и смещении меандр вниз по течению при одновременном врезании в снег. В первый момент стока, при прямолинейном русле, потоком выносятся наносы с водосбора, образовавшиеся в резуль-

тате оттаивания мерзлого грунта, а в самом овраге был размыт маломощный почвенно-растительный слой. Сток воды в этом овраге на некотором расстоянии от вершины происходил под снегом, но при повороте овражной формы почти под прямым углом, поток уперся в борт оврага, выбросив на поверхность растительные остатки, и вышел на поверхность снега. Далее сток воды поверх снега происходил до самого устья оврага. Стаивание снега вокруг факела сжигания попутного газа – не редкость на территории добычи углеводородов, однако, факельные установки обваловываются на некотором расстоянии от установки. В нашем случае этого не произошло, вследствие чего вода от растаявшего снега устремилась в овраг. Частично протаявший снег в начале основного половодья был быстро размыт, открыв возможность размыва слагающих овраг грунтов.

В *лесной зоне* сток воды в овраге в начале половодья в большей мере зависит от степени залесенности водосбора и ориентации оврага по отношению к лесному массиву. Также значимую роль играет соотношение площади полевой и лесной частей водосбора. Для оврагов, расположенных в лесу и с лесным водосбором, тип весны в начале снеготаяния практически не влияет на сток. В этом случае характеристики лесного массива определяют скорость снеготаяния и движение воды в снежной массе. Интенсивность снеготаяния в лесу составляет лишь от 50 до 60 % интенсивности снеготаяния в поле [8]. Характер снегонакопления и его стаивание различен в лиственных и хвойных лесах. Это в первую очередь определяется густотой древостоя, и особенно хвойных деревьев. Относительное положение отдельных деревьев относительно друг друга, сомкнутость их крон приводит к затенению от солнечной радиации – скопление ветвей рассеивает солнечный свет. Низкорослые деревья пропускают больше солнечной радиации, вследствие этого снежная масса прогревается, что приводит к просачиванию воды к нижним слоям и формированию фирноподобного слоя, в котором из-за более высокой пористости накапливается вода [9]. Также видовой состав определяет ветрозащитные свойства леса – более густой лес гасит ветер и препятствует уплотнению снега, а под лиственной подстилкой почва промерзает слабее. А.А. Молчанов отмечает, что почва, покрытая подстилкой, состоящей из хвои, впитывает в четыре раза больше воды, чем оголенная почва. Наличие хвойных древостоев на водосборном бассейне удлиняет сток почти на 20 дней [10].

В условиях, когда овраг расположен в лесу и имеет залесенный водосбор, стока воды вниз по падению уклона практически нет, и вода в значительной мере накапливается в снежной массе или просачивается в грунт. Для лесных оврагов тип весны существенного значения не имеет – просто изменяются сроки снеготаяния.

Совсем другая ситуация для комбинированных водосборов, особенно когда его полевая часть превышает лесную, где расположен овраг. Состояние лесного массива – его видовой состав, расстояние между деревьями и, соответственно, сплоченность их крон, ветрозащитные качества определяют характер стока воды в овраге. Также немаловажную роль играет пространственная ориентация оврага относительно розы ветров, сторон света, форма и сочетание уклонов вдоль продольного профиля – его ступенчатость.

Наблюдения за формированием стока воды перед наступлением половодья проводилось на Боровской учебно-научной станции Географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. Здесь в 1981–1994 гг. проводились мониторинговые наблюдения за стоком воды и наносов в оврагах. Одним из объектов был овраг Егоров длиной 400 м, расположенный в лесном массиве. Длина водосбора 1200 м, площадь 0,4 км² (из которых 82 % – это пахотное поле). Древостой представлен осиной, ольхой и кустарниковым подростом. Сплоченность крон разреженная.

Формирование первичного стока, в зависимости от погодных условий, происходило в последних числах марта – начале апреля. К этому времени снег в овраге уже слежался и преобразован оттепелями. При адвективном типе весны таяние снега на поле происходит медленно. При этом формируется незначительный подснежный сток, объем которого в вершине Егорова оврага измеряется первыми литрами. В вершине оврага сформирован неглубокий – 50–60 см водобойный колодец. После наполнения его водой она плавно поступает на уплотненный снег. Первоначально происходит набухание снега на некотором расстоянии от вершины, он уплотняется, образуется своеобразная отмостка, которая не дает просачиваться воде вниз, и в нем образуется водоток с четко выраженным руслом. Сток воды в образовавшемся русле и само русло существует до выхода на разуплотненный снег. Происходит очередной цикл уплотнения снега и образования русла в снегу. При увеличении объема стока воды эти циклы укорачиваются по времени, и формирование «отмостки» и продвижение воды сливаются в единый процесс. По наблюдениям, в Егоровом овраге первич-

ная протяженность такого русла составляет 2–3 м. При этом необходимо отметить, что ширина водного потока и его расход уменьшаются по мере формирования русла вниз по тальвегу. Вероятней всего, это происходит за счет аккумуляции воды в толще снега при её просачивании вниз толщи снега. В зависимости от хода температур постепенно увеличивается объем стока воды. При адвективном типе весны такое снежное русло может сохраняться 3–4 дня. Даже когда водный поток достигает тальвега, снежные берега сохраняются несколько дней.

Большое значение имеет форма продольного профиля – его уклон и наличие ступеней. При ступенчатом профиле, в зависимости от высоты и длины ступени, возможно накопление снега на них. Так, в вершине Егорового оврага, по кровле известняков, образовалась небольшая ступень – 5 м длиной, 8 м шириной и 2 м высотой. За ней уклон тальвега резко уходит вниз под углом 40–45°. В зимнее время на ней скапливается снег, а отсутствие деревьев (в полосе около 20 м) приводит к уплотнению снега во время метелей. Также снежная масса подвергается солнечной радиации, что, в совокупности с ветровым воздействием, к началу весны приводит к частичному преобразованию ее в средней и нижней части к фирноподобному сложению. Во время начального этапа стока воды, когда объем стока измеряется первыми литрами, водный поток узкой струйкой продвигается по поверхности снега, толкая перед собой рыхлый снег. Продвинувшись на 20–30 см, поток останавливается и просачивается в глубь снега. Объем стока по мере прогрева снега на водосборе постепенно увеличивается, и следующая волна размывает своеобразную плотинку, вновь продвигаясь на несколько десятков сантиметров вперед. При расходах воды менее 10 л/с и небольших положительных температурах воздуха вода аккумулируется в снеге. Так в марте 1988 г. вода накапливалась в снежной массе 56 часов. Когда вес снежной массы превысил сцепление снега с подстилающим грунтом, весь водонасыщенный снег сошел в виде селя. В результате, ниже по руслу оврага было вынесено около 12 т грубообломочного материала [1]. Безусловно, что такое событие не характерно для всех оврагов, но при определенных гидрометеорологических условиях, ориентации оврага, его морфологии и типе древостоя подобные события весьма вероятны.

При солярном типе весны сток воды по снежному покрову происходит более интенсивно. На начальном этапе стока с водосбора объем воды быстро нарастает, и также быстро формируется «снежное» русло по всей длине оврага, но не промывает снег до подстилающего грунта. Поскольку объем стока воды больше и ее температура выше, чем при адвективном типе весны, в русле формируется своеобразная отсыпка из снега, препятствующая его быстрому размыву и фильтрации через него. «Снежное» русло, в зависимости от температуры воздуха и, соответственно, температуры воды, может существовать 2–3 дня. Затем водный поток промывает снег, но при этом остаются снежные забереги, которые стаивают в течение 5–7 дней [1].

При солярном типе весны формирование наносов в овраге начинается еще до появления стока воды – борта оврага южной экспозиции быстрее протаивают [10]. Грунт в вязкопластичном состоянии сползает на снег и аккумулируется на снеге до начала стока. Вода, поступающая с водосбора в начале снеготаяния, практически осветленная, и поэтому сток наносов, фиксируемый в замыкающем створе, не имеет отношения к эрозионной деятельности потока [1]. Фиксируемые значения объемов стока наносов образуются за счет размыва грунта, сползшего на снег при протаивании бортов оврага.

В *лесостепной и степной зонах* интенсивность снеготаяния сильно зависит от погодных условий и не только в его начале, но и от предшествующего осенне-зимнего периода. Большое значение имеет глубина промерзания почвы. При глубинах промерзания почвы более 1 м внутрпочвенный сток не формируется и происходит по поверхности почвы. Для степных районов характерны высокие градиенты температуры. Начало весны может быть адвективным с небольшими положительными температурами в течение суток, а затем в течение нескольких часов перейти в солярный, что может вызвать активное снеготаяние [11–13]. На открытых пространствах снежный покров в среднем не превышает 30 см, и средняя продолжительность снеготаяния составляет 10–12 дней, в то время как в понижениях, долинах и оврагах намечаются сугробы толщиной 10–20 м [14].

Процесс снеготаяния в лесостепи и степи осложняется наличием древесно-кустарниковых зарослей, лесополосами, массивами искусственных лесонасаждений. Вокруг западин, окруженных деревьями или только кустарниками, скапливается снег. «Весной, когда последний начинает таять, вода долго не показывается из-под сугробов, потому что, впитываясь в снег, удерживается в нем полностью...» [15, с. 45]. Как отмечает М.С. Кузнецов, лесополосы оказывают существенное влияние на динамику снеготаяния и особенно водорегулирующие. Во-первых, талые воды на подступах к лесо-

полосе встречаются длинный шлейф снега или сугроб, где вода постепенно насыщает его, и потоки воды выходят на поверхность и концентрируются в заглубленных руслах. Во-вторых, они аккумулируют талые воды, за счет чего растягивается период водоотдачи, и водные потоки попадают на уже протаявшую почву склонов [9]. Но не всегда, и особенно ветрозащитные лесополосы, становятся препятствием для значительного стока воды с водосбора. Так, в 1987 г. на протяжении почти всего апреля стояла облачная погода с температурами ниже 10 °С и даже с отрицательными. 15.04.1987 температура поднялась с 5 °С до 11 °С. 26.04.–28.04.1987 г. прошел слабый дождь при температуре выше 10 °С, а 30.04.1987 г. температура поднялась до 18 °С. Результатом таких погодных изменений стал каскадный прорыв нескольких снегозадерживающих валов. Водный поток устремился по ложбине через лесополосу и автодорогу к оврагу, расположенному в 2,5 км к юго-востоку от с. Земляные Хутора. При этом на шоссе ширина потока достигала ≈50 м при глубине около 0,5 м, а за дорогой он, сужаясь, промыл еще не стаявший снег. Повторный осмотр в июне показал, что водный поток не произвел никакой эрозионной работы, поскольку прошел по полегшим стеблям борщевика.

Заключение

Предполоводный период не является каким-то обязательным этапом формирования весеннего стока воды для всех оврагов. В зависимости от типа весны и темпов нарастания температуры сток воды может происходить одновременно и на водосборе, и самом овраге. Но при флуктуациях температурного режима сток воды на водосборе может или замедляться, или задерживаться. При этом вода накапливается в снеге на водосборе и в овраге, и затем при повышении температуры сбрасывается залпово. Начальный этап формирования стока воды, в конечном счете, определяет его интенсивность и объем, а также характер стока наносов.

Не существует двух идентичных оврагов, даже два рядом расположенные могут кардинально различаться. Это зависит от площади водосбора, грунтовых особенностей, сопутствующей растительности и т. д. Тем более различаются овраги в разных природных зонах. Однако процессы формирования стока воды в овраге в начальный период снеготаяния объединены фактом заполнения их снегом или подверженности активного воздействия больших объемов стока воды при антропогенном воздействии. Но основным фактором формирования стока воды и наносов является тип весны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. География овражной эрозии / Под редакцией Е.Ф. Зориной. М.: Изд-во МГУ, 2006. 324 с.
2. Комаров В.Д. Основные закономерности распределения коэффициентов стока снегового половодья и потерь талых вод в период таяния на Европейской территории СССР // Метеорология и гидрология. 1958. № 3. С. 28–34.
3. Софер М. Изморозь и иней, гололед и гололедица // Наука и жизнь. 2004. № 3. С. 50–53.
4. Москвин Ю.П. Особенности снегонакопления в русловой сети малых рек и оврагов Крайнего Севера Западной Сибири и условия формирования максимального стока // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. 2012. № 03. С. 79–86.
5. Бобровицкая Н.Н. Отчет по НИР «Исследовать закономерности формирования водноэрозионных процессов на территории Бованенковского ГКМ с целью разработки предварительной методики расчета стока воды и наносов с малых водосборов». 1992. 81 с.
6. Сидорчук А.Ю. Антропогенная овражная эрозия и термоэрозия в западной части центрального Ямала // Геоморфология. 2000. № 3. С. 95–103.
7. Войтковский К.Ф. Лавиноведение. М.: Изд-во МГУ, 1989. 158 с.
8. Молчанов А.А. Гидрологическая роль леса. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 487 с.
9. Кузнецов М.С., Глазунов Г.П. Эрозия и охрана почв: учебник для вузов, 3-е изд. испр. и доп. М.: Изд-во «Юрайт», 2019. 387 с.
10. Саваренский Ф.П. Эрозионные формы рельефа // Геодезист. 1926. № 7–8. С. 9–10.
11. Качинский Н.А. Замерзание, размерзание и влажность почвы в зимний сезон в лесу и в полевых участках. М.: Изд-во «МГУ», 1927. 168 с.
12. Барабанов А.Т., Долгов С.В., Коронкевич Н.И., Панов В.М., Петелько А.И. Поверхностный сток и инфильтрация в почву талых вод на пашне в лесостепной и степной зонах Восточно-европейской равнины // Почвоведение. 2018. № 1. С.62–69.
13. Кулик А.В., Гордиенко О.А. Условия формирования поверхностного стока талых вод на склоновых землях юга Приволжской возвышенности // Почвоведение. 2022. № 1. С. 44–54.

14. Рихтер Г.Д. Снежный покров, его формирование и свойства. Москва: Издательство Академии наук СССР, 1945. 120 с.
15. Докучаев В.В. Наши степи прежде и теперь. 2-е изд. М.: Сельхозгиз, 1953. 152 с.

Поступила в редакцию 05.09.2023

Ковалев Сергей Николаевич, кандидат географических наук, старший научный сотрудник
НИЛ эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
119991, Россия, г. Москва, Ленинские Горы, д.1
E-mail: kovalevsn@yandex.ru

S.N. Kovalev

PECULIARITIES OF WATER AND SEDIMENT RUN-OFF IN A RAVINE AT THE BEGINNING OF THE FLOOD

DOI: 10.35634/2412-9518-2023-33-3-328-334

The formation of water and sediment run-off in a ravine in different natural zones with humid climate begins before the main flood event. The type of spring (advective or solar type) determines the volume of water and sediment run-off, which is formed depending on the volume of snow masses in the ravine and in its catchment area. The density parameters of the snow mass, formed depending on the alternation of thaws and snow compaction under the influence of wind, determine the nature of the water flow through the snow mass or under the snow. At the same time, with the advective type of spring, the water flow does not produce any erosive work. The solar type of spring corresponds to active erosion of the sides and top of the ravine with a slight impact on the thalweg. The purpose of this work is to show the role of snow masses in the catchment and in the ravine and their influence on the formation of water and sediment run-off in the pre-water period with different types of spring. The work was carried out on the basis of observations during field work in different regions of the country and showed that the flow of water in the ravine at the initial stage of high water depends on the conditions for the formation of snow masses in the ravine. It has been established that snow masses accumulated during winter have an ambiguous effect on the water flow in the pre-water area and largely depend on specific weather conditions and anthropogenic impact on the gully catchment.

Keywords: ravine, water run-off, sediment run-off, flood.

REFERENCES

1. *Geografiya ovrazhnoy erozii* [Geography of gully erosion], Zorina E.F. (ed), Moscow: MGU, 2006, 324 p. (in Russ.).
2. Komarov V.D. *Osnovnye zakonomernosti raspredeleniya koeffitsientov stoka snegovogo polovod'ya i poter' talykh vod v period tayaniya na Evropeyskoy territorii SSSR* [The main regularities of the distribution of snow flood runoff coefficients and meltwater losses during the snowmelt period in the European territory of the USSR], in *Meteorologiya i gidrologiya*, 1958, no. 3, pp. 28-34 (in Russ.).
3. Sofer M. *Izmoroz' i iney, gololed i gololeditsa* [Frost and frost, ice and sleet], in *Nauka i zhizn'*, 2004, no. 3, pp. 50-53 (in Russ.).
4. Moskvina Yu.P. [Characteristics of snow accumulation in channel network of small rivers and ravines of the far north of Western Siberia and conditions of maximum flow formation], in *Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Seriya: Estestvennye i Tekhnicheskie Nauki*, 2012, no. 03, pp. 79-86 (in Russ.).
5. Bobrovitskaya N.N. *Otchet po NIR "Issledovat' zakonomernosti formirovaniya vodnoerozionnykh protsessov na territorii Bovanenkovskogo GKM s tsel'yu razrabotki predvaritel'noy metodiki rascheta stoka vody i наносов s malykh vodosborov"* [Research report "To investigate the regularities of the formation of water erosion processes on the territory of the Bovanenkovsky GCM in order to develop a preliminary methodology for calculating water runoff and sediment from small catchments"], 1992, 81 p. (in Russ.).
6. Sidorchuk A.Yu. [Human-induced gully erosion and thermoerosion in the west part of Central Yamal], in *Geomorfologiya*, 2000, no. 3, pp. 95-103 (in Russ.).
7. Voytkovskiy K.F. *Lavinovedenie* [Avalanche studies], Moscow: MGU Publ., 1989, 158 p. (in Russ.).
8. Molchanov A.A. *Gidrologicheskaya rol' lesa* [The hydrological role of the forest], Moscow: AN SSSR Publ., 1960, 487 p. (in Russ.).
9. Kuznetsov M.S., Glazunov G.P. *Eroziya i okhrana pochv* [Erosion and soil protection], 3rd ed, Moscow: Yurayt Publ., 2019, 387 p. (in Russ.).

10. Savarenskiy F.P. *Eroziionnye formy rel'efa* [Erosive relief forms], in *Geodezist*, 1926, no. 7-8, pp. 9-10 (in Russ.).
11. Kachinskiy N.A. *Zamerzanie, razmerzanie i vlazhnost' pochvy v zimniy sezon v lesu i v polevykh uchastkakh* [Freezing, freezing and soil moisture in the winter season in the forest and in field areas], Moscow: MGU, 1927, 168 p. (in Russ.).
12. Barabanov A.T., Dolgov S.V., Koronkevich N.I., Panov V.M., Petel'ko A.I. [Surface runoff and snowmelt infiltration into the soil on plowlands in the forest-steppe and steppe zones of the East European plain], in *Pochvovedenie [Eurasian Soil Science]*, 2018, no. 1, pp. 66-72 (in Russ.).
13. Kulik A.V., Gordiyenko O.A. [Conditions of snowmelt runoff formation on slopes in the south of the Volga upland], in *Pochvovedenie [Eurasian Soil Science]*, 2022, no. 1, pp. 44-54 (in Russ.).
14. Rikhter G.D. *Snezhnyy pokrov, ego formirovanie i svoystva* [Snow cover, its formation and properties], Moscow: Akademii nauk SSSR Publ., 1945, 120 p. (in Russ.).
15. Dokuchaev V.V. *Nashi stepi prezhde i teper'* [Our steppes before and now], 2nd ed., Moscow: Sel'khozgiz Publ., 1953, 152 p. (in Russ.).

Received 05.09.2023

Kovalev S.N., Candidate of Geography, Senior Researcher
at the Research Laboratory of Soil Erosion and Riverbed Processes named after N.I. Makkaveev
Lomonosov Moscow State University
Leninskie Gory, 1, Moscow, Russia, 119991
E-mail: kovalevsn@yandex.ru