ASSESSMENT OF THE INTERACTION OF MELT WATER WITH FROZEN SOIL

A.T. Barabanov

*Federal Research Centre of Agroecology, Amelioration and Protective Afforestation
of Russian Academy of Sciences, Volgograd*

Received 10.06.2021

Submitted 19.08.2021

*The research was carried out within the framework of the state task
No. 0713-2019-0003 "Theoretical foundations of the erosion-hydrological process in catchment
basins, conceptual directions, ways and principles of creating highly effective environmental
management systems for this process in order to completely prevent soil erosion"
(state registration no. AAAA19-119042290013-8)*

Summary

The solution of a complex and urgent problem of soil protection from erosion can be carried out based on the knowledge of the regularity of flow formation. As a result of the analysis and generalization of the results of many years of research, a complex interaction of meltwater with frozen soil under the influence of natural runoff factors was revealed and the genesis of this process was established. This fundamental knowledge allows us to take a new approach to the assessment of the hydrological process and implement important applied developments.

Abstract

Introduction. The problem of protecting soil from erosion is very urgent. Intensive economic activities, especially agricultural ones, lead to land degradation and desertification as a result of erosion and deflation. The solution to this complex problem can be carried out based on knowledge of the patterns of flow formation. The aim of the work was to study the interaction of melt water with frozen soil based on an assessment of the role of natural factors (snow reserves, depth of soil freezing and its moisture content) in the formation of surface spring runoff. **Object.** The studies were carried out on gray forest soils in the forest-steppe, chernozems and light chestnut soils in the steppe at perennial drainage-erosion stations. **Materials and methods.** The analysis of the results of many years of our own research and the generalization of experimental materials of many generations of scientists on the issue of studying the regularities of the formation of surface melt water runoff is carried out. The methodological basis of our research was the use of runoff sites with a width of 20 m and a length of 100 m, on which snow-measuring surveys were carried out, freezing, thawing, soil moisture, bulk and specific gravity of soil, runoff, soil washout, etc. were determined. **Results and conclusions.** As a result, a complex interaction of melt water with frozen soil was revealed under the influence of natural runoff factors: the depth of freezing, soil moisture and water reserves in the snow. It was found that at some levels of natural factors below the limiting ones, the runoff is not formed regardless of the water reserves in the snow. For these conditions, the genesis of the process has been identified and the theory of water absorption has been developed. At levels of factors above the limiting ones, runoff is always formed, and its value depends only on snow reserves and the volume of free pores in the upper (0–30 cm) soil layer, which in turn depends on its moisture content. Under these conditions, soil moisture is the main factor determining the formation of slope spring runoff. Its value depends on how much the pore space of the upper soil layer is filled with water, as well as on the snow reserves formed in the catchment during the winter and precipitation during the snowmelt period. Snow reserves play a passive role in its formation. That part of the snow water flows down, which exceeds the volume of free pores in the upper soil layer. An assessment is given to the concepts of the «locking layer» and «ice screen», which characterize the absorption of snow water into frozen soil. This fundamental knowledge makes it possible to re-evaluate the process of infiltration of melt water into frozen soil and, on this basis, to carry out important practical developments for regulating the flow.

Keywords: *melt water runoff, soil moisture, soil freezing depth, snow reserves, water absorption, law of limiting factors of runoff, ice screen, thermal filtration, locking layer, soil porosity.*

Citation. Barabanov A. T. Assessment of the interaction of melt water with frozen soil. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3(63). 52-61 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-04.

Conflict of interest. The author declares that there is no conflict of interests.

УДК 631.6.02

ОЦЕНКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТАЛОЙ ВОДЫ С МЕРЗЛОЙ ПОЧВОЙ

А. Т. Барабанов, доктор сельскохозяйственных наук

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, г. Волгоград, Россия

Дата поступления в редакцию 10.06.2021

Дата принятия к печати 19.08.2021

Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания № 0713-2019-0003 «Теоретические основы эрозионно-гидрологического процесса на водосборных бассейнах, концептуальные направления, пути и принципы создания высокоэффективных экологических систем управления этим процессом с целью полного предотвращения эрозии почв» (№ госрегистрации АААА-А19-119042290013-8)

Актуальность. Проблема защиты почв от эрозии очень актуальна. Интенсивная хозяйственная деятельность, особенно сельскохозяйственная, приводит к деградации и опустыниванию земель в результате эрозии и дефляции. Решение этой сложной проблемы можно осуществить, опираясь на знание закономерности формирования стока. Целью работы было исследование взаимодействия талой воды с мерзлой почвой на основе оценки роли природных факторов (снегозапасы, глубина промерзания почвы и ее влажность) в формировании поверхностного весеннего стока. **Объекты.** Исследования проводились на серых лесных почвах в лесостепи, черноземах и светлокаштановых почвах в степи на многолетних стоково-эрозионных стационарах. **Материалы и методы.** Осуществлены анализ результатов многолетних собственных исследований и обобщение экспериментальных материалов многих поколений ученых по вопросу изучения закономерностей формирования поверхностного стока талых вод. Методической основой наших исследований было применение стоковых площадок шириной 20 м и длиной 100 м, на которых проводили снегомерные съемки, определяли промерзание, оттаивание, влажность почвы, объемную и удельную массу почвы, сток, смыв почвы и др. **Результаты и выводы.** В результате выявлено сложное взаимодействие талой воды с мерзлой почвой под влиянием природных факторов стока: глубины промерзания, влажности почвы и запасов воды в снеге. Установлено, что при некоторых уровнях природных факторов ниже лимитирующих сток не формируется независимо от запасов воды в снеге. Для этих условий выявлен генезис процесса и разработана теория водопоглощения. При уровнях выше лимитирующих факторов всегда образуется сток, и его величина зависит только от снегозапасов и объема свободных пор в верхнем (0–30 см) слое почвы, который в свою очередь зависит от ее влажности. При этих условиях влажность почвы является главным фактором, обуславливающим формирование склонового весеннего стока. Величина его зависит от того, насколько заполнено поровое пространство верхнего слоя почвы водой, а также от снегозапасов, сформировавшихся на водосборе в течение зимы, и осадков, выпавших в период снеготаяния. Снегозапасы играют пассивную роль в его формировании. Стекает та часть снеговой воды, которая превышает объем свободных пор в верхнем слое почвы. Дана оценка концепциям «запирающего слоя» и «ледяного экрана», характеризующая впитывание снеговой воды в мерзлую почву. Эти фундаментальные знания позволяют по-новому оценить процесс инфильтрации талой воды в мерзлую почву и на этой основе осуществлять важные практические разработки по регулированию стока.

Ключевые слова: *сток талых вод, глубина промерзания почвы, снегозапасы, закон лимитирующих факторов стока, ледяной экран, термоинфильтрация, порозность почвы.*

Цитирование. Барабанов А. Т. Оценка взаимодействия талой воды с мерзлой почвой. *Известия НВ АУК.* 2021. 3(63). 52-61. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-04.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Решение проблемы защиты почв от эрозии необходимо осуществлять на основе создания системы управления эрозионно-гидрологическим процессом в адаптивно-ландшафтном земледелии. Адаптивно-ландшафтный подход для целей борьбы с эрозией почв впервые в начале XX в. (в то время он назывался «комплексным») предложил и создал научные основы противоэрозионной мелиорации профессор А. С. Козменко – первый отечественный ученый, положивший начало систематическому исследованию эрозионно-гидрологического процесса и разработке системы мер по его регулированию [1, 2]. Он создал направление в эрозионной науке и противоэрозионной мелиорации, которое получило признание в нашей стране и за рубежом. Система управления эрозионно-гидрологическим процессом может строиться только на знании закономерностей формирования склонового стока. Многими поколениями ученых выявлено большое разнообразие факторов, влияющих на весенний склоновый сток [3, 8]. Ими осуществлены теоретические разработки, раскрывающие суть явлений гидрологического процесса, созданы математические модели для расчета стока. За длительный период было предложено много противоэрозионных приемов различной эффективности. В основном гидрологи исследовали закономерности формирования стока на водосборах малых (балочных) и больших (малых и крупных рек) и часто без дифференциации сельскохозяйственных угодий по видам пашни, характера использования земель, технологий выращивания сельскохозяйственных растений, применения противоэрозионных мероприятий и других факторов. Однако на многие вопросы, связанные с закономерностями эрозионно-гидрологического процесса, и в особенности с земледельческой деятельностью, не были получены ответы. Роль природных факторов была оценена неоднозначно. Многие почвозащитные приемы, созданные без знания теоретических основ формирования стока, оказались неэффективны [1, 2].

Для выявления закономерности гидрологического процесса при формировании весеннего стока важно установить зависимость его от природных и антропогенных факторов. Анализ многочисленных материалов, характеризующих эту зависимость, показал, что многие авторы рассматривают формирование поверхностного весеннего стока как многофакторное явление, то есть сток формируется при их сложном взаимодействии [1, 2, 5-7, 11-13, 15]. К природным факторам, которые влияют на формирование поверхностного стока талых вод, они относят: температуру и влажность воздуха, снегозапасы, осадки в период снеготаяния, степень увлажнения и промерзания почвы, инфильтрацию талой воды в почву, водопоглотительную способность, интенсивность и продолжительность снеготаяния, сублимацию снега и испарение с поверхности почвы, размер водосбора, конфигурацию бассейна, крутизну склонов, тип почв, растительность, лесистость и др. Значение этих и других факторов в формировании стока у разных исследователей в значительной степени отличается. Связано это с тем, что при проведении исследований применялись разные методические подходы. Например, многие ученые справедливо очень важную роль в формировании стока отводят влажности мерзлой почвы, но определяют ее в различные сроки и на разной глубине, а это принципиально важно, так как существенно влияет на точность расчета. Одни влажность определяют осенью перед морозами, а потом расчетным путем делают поправки на дополнительное увлажнение в течение зимы. Другие исследователи определяют влажность весной перед снеготаянием. Глубина определения влажности у разных исследователей бывает 0-50 см, 0-100 см, 0-150 см или до максимальной глубины промерзания почвы и др. Все это приводит к разным результатам. Некоторые авторы считают, что поверхностный сток находится в прямой зависимости только от снегозапасов – снега много, сток большой. Отдельными исследователями отводится большая стокообразу-

ющая роль и другим факторам. Анализ имеющихся материалов по оценке влияния природных факторов на формирование весеннего склонового стока не позволяет дать однозначный ответ на вопрос об их роли. Часто роль факторов рассматривается без учета их взаимодействия. Например, роль влажности почвы и запасов воды в снеге иногда является без учета глубины промерзания, а роль глубины промерзания определяется без учета температуры и влажности почвы.

Материалы и методы. Методической основой наших исследований были водно-балансовые методы, используемые в гидрологии и других смежных науках. Эксперименты проводились на стоково-эрозионных стационарах с применением метода стоковых площадок. Этот метод позволяет дифференцированно подходить к оценке роли природных факторов в формировании стока на различных видах почвы, пашни и угодий, агрофонов. А такая дифференциация нужна потому, что на них закономерности формирования стока сильно отличаются, и это необходимо учитывать. Для этого закладывались на разных фонах стоковые площадки шириной 20 м и длиной 100 м. На них определяли высоту снега, снеготопы, глубину промерзания и влажность почвы, ее удельную и объемную массу, сток талых вод, смыв почвы. При этом осуществляли наблюдения за температурой воздуха, осадками, направлением ветра, облачностью во время снеготаяния и др.

Результаты и обсуждение. В результате теоретических и экспериментальных исследований, а также анализа и обобщения многолетних результатов работы нескольких поколений ученых ВНИАЛМИ (свыше 60 лет) мной был открыт и научно обоснован закон лимитирующих факторов склонового стока талых вод. Суть закона заключается в том, **что при некотором минимальном значении одного из трех лимитирующих факторов (снеготопы, глубина промерзания и влажность почвы) поверхностный сток не формируется независимо от уровня двух других** [1]. Иначе говоря, на слой поверхностного стока существенно влияют только три фактора. Наиболее сильно влияет промерзание почвы. При его глубине меньше 50 см впитывающая способность почвы очень высокая и сток не формируется при любых уровнях других факторов. При промерзании почвы больше 50 см оно совсем не влияет на сток. В этом случае на его формирование оказывает влияние степень увлажнения мерзлой почвы. Таким образом, запасы воды в почве являются следующим мощным фактором стока. По нашим данным, при низком лимитирующем уровне влагозапасов (70–120 мм по зонам) сток не формируется независимо от уровней других факторов. При влагозапасах выше лимитирующего уровня сток формируется, и величина его зависит от влажности почвы и запасов воды в снеге перед снеготаянием. Снеготопы, накопленные к периоду снеготаяния, как фактор стока играют пассивную роль в его формировании. Они непосредственно не влияют на сток, но на объем его снеготопы влияют в зависимости от впитывающей способности верхнего слоя почвы, которая в свою очередь зависит от ее влажности, т. е. стекает часть не поглощенного почвой избытка снеговой воды. Лимитирующим уровнем снегозапасов, при котором сток не формируется, является объем свободных пор в слое почвы 0–30 см.

Таким образом, факт отсутствия стока талых вод при уровнях природных факторов ниже лимитирующих установлен нами экспериментально и теоретически на уровне фундаментального закона, то есть выявлен генезис процесса и создана теория его формирования. Это послужило основой для создания методики высокоточного прогноза стока при этих условиях его формирования, а также для разработки высокоэффективных стоко-регулирующих и противозерозионных приемов путем воздействия на эти факторы.

При уровнях же факторов, превышающих лимитирующие, сток формируется на всех угодьях при любых условиях. Объем его связан только с влажностью верхнего слоя почвы и запасами воды в снеге. Генезис этого процесса недостаточно изучен, и в литературу-

ре можно встретить разные подходы к его толкованию. Мы на основе регрессионного анализа результатов исследований в годы, когда сток формировался, разработали статистические модели расчета его величины на разных типах почв и агрофонов [1]. В общем виде связь стока с этими природными факторами выражается уравнением:

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2,$$

где x_1 - запасы воды в почве, x_2 – снегозапасы.

По уравнению связи процесс формирования стока двухфакторный, а по сути процесса – однофакторный, так как водопоглощение мерзлой почвой обуславливается запасами влаги в ней. Имея в виду, что объем стока является разницей между снегозапасами и величиной впитывания талой воды в мерзлую почву, можно утверждать, что впитывающая способность почвы полностью обуславливается ее влажностью, вернее дефицитом влажности. В зональном плане эта связь проявляется по-разному. Эти уравнения при расчетах стока дают относительно хорошую сходимость, но репрезентативность их недостаточна.

Статистический подход не полностью подходит для решения задачи прогнозирования стока. Нужна теоретическая основа его формирования при уровнях природных факторов выше лимитирующих на базе знания генезиса гидрологического процесса. Для этого необходимо исследовать процесс впитывания талой воды в мерзлую почву с точки зрения обмена теплом между впитывающей водой и почвой, то есть выявить закономерности взаимодействия талой воды с мерзлой почвой.

Этот процесс исследовался с позиций теплофизического взаимодействия талой воды с мерзлой почвой многими учеными [4, 9, 10, 15]. Наибольший интерес в этом плане представляет разработка И. Л. Калюжным и С. А. Лавровым [10] концепции формирования запирающего слоя. Они обосновали, что он образуется при некотором соотношении влажности и температуры почвы. Е. А. Гаршинев (Эрозионно-гидрологический процесс и лесомелиорация: теория и модели. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1999), исследуя процесс взаимодействия талой воды и мерзлой почвы, сформулировал концепцию «ледяного экрана», по которой на границе между оттаявшим и мерзлым слоем создается ледяная прослойка, и просачивание воды в почву осуществляется путем «термоинфильтрации».

Эти концепции согласуются между собой, но в них есть и принципиальные различия. По концепции ледяного экрана Е. А. Гаршинева, процесс впитывания (термоинфильтрации) динамичный, то есть по мере поступления талой воды в почву идет дальнейшее протаивание, ледяной экран опускается ниже и объем впитавшейся воды увеличивается. Этот процесс происходит только в слое почвы, расположенном выше ледяного экрана. От него и зависит водопроницаемость мерзлой почвы, количество впитавшейся воды и величина стока. По концепции запирающего слоя И. Л. Калюжного и др., в процессе снеготаяния проникающая в почву вода замерзает и при определенных условиях создается водонепроницаемый слой, мощность которого зависит от глубины промерзания почвы и бывает, по данным авторов, до 100 см [4]. От этого слоя зависит водопоглощение и сток. На самом деле фактически установлено, что при глубоком промерзании почвы (свыше 50 см) сток от него не зависит [1, 2, 5].

Нами сформулировано положение: мерзлая почва способна впитать и удерживать талую воду, количество которой потенциально может быть равно объему свободных пор оттаявшего сверху слоя, то есть свободная порозность обуславливает объем поглощения талой воды в почву [1]. Нами экспериментально установлено, что почва за весь период снеготаяния в разных природных зонах и по годам успевает оттаивать за

весь период паводка на небольшую глубину – от 3 до 30 см. Таким образом, водопоглощение в мерзлую почву определяется самым верхним слоем. Это означает, что количество впитавшейся талой воды максимально может быть равно объему свободных пор этого слоя почвы небольшой мощности.

Таким образом, при уровнях природных факторов выше лимитирующих всегда создаются условия для формирования весеннего стока, и количество его зависит от запасов воды в снеге и верхнем (0-30 см) слое почвы. Этот слой при оттаивании увлажняется до полной влагоемкости. В нем может поглотиться количество талой воды, равное объему свободных пор (разницы между полной влагоемкостью и фактическими запасами воды), который в свою очередь зависит от запасов влаги в нем. Объем стока зависит от снеготазов и объема свободных пор.

Общая схема взаимодействия талой воды с мерзлой почвой иллюстрируется на рисунке. В исходном состоянии перед снеготаянием часть пор в мерзлой почве занята влагой, а остальные свободны. Когда начинается процесс снеготаяния, талая вода, имея положительную температуру, поступает на поверхность почвы. Она за счет запаса тепла воды оттаивает, и заполняются свободные поры. Между оттаявшим и мерзлым слоями образуется ледяной экран. По мере дополнительного поступления воды и тепла, протаивания почвы и опускания ледяного экрана свободные поры над ним заполняются до уровня полной влагоемкости, то есть этот процесс продолжается в виде термоинфильтрации.

Рисунок – Схема поглощения (термоинфильтрации) талой воды в мерзлую почву

Figure – Scheme of absorption (thermal filtration) of melt water into frozen soil

На каждом этапе количество впитавшейся воды в оттаявшем слое выше ледяного экрана равно объему свободных пор или дефициту влажности – разности между полной влагоемкостью и фактическими влагозапасами. Как указывалось выше [1], к

концу снеготаяния максимальная глубина оттаивания почвы бывает не более 30 см. Общий объем водопоглощения за период снеготаяния равен объему свободных пор этого слоя. Если запасы снеговой воды больше этого объема, то излишки ее стекают, то есть из них формируется поверхностный сток талых вод. На основе изложенного автором предложен новый способ расчета стока (Y , мм) для условий, когда природные факторы стока выше лимитирующего уровня: глубина промерзания больше 50 см, запасы влаги в почве больше 70–120 см (по природным зонам). Величина его определяется снегозапасами (W_c , мм) и объемом свободных пор ($V_{сп}$, мм) в слое почвы 0–30 см и, и может быть рассчитана по уравнению:

$$Y = W_c - \left[\left(1 - \frac{d_v}{d} \right) * 100 \right] * h * 10 - W_n,$$

где W_c – запасы воды в снеге, мм; W_n – запасы воды в почве, мм; h – мощность почвенного слоя, м; d_v – объемная масса почвы, г/см³; d – удельная масса почвы, г/см³.

Выводы. На основе анализа и обобщения результатов многолетних собственных исследований и литературных данных, выявлено сложное взаимодействие талой воды с мерзлой почвой под влиянием природных факторов стока глубины промерзания, влажности почвы и запасов воды в снеге. Установлено, что при некоторых лимитирующих уровнях природных факторов (промерзание почвы на глубину меньше 50 см, запасы влаги в слое почвы 0–50 см меньше 70–120 мм по природным зонам) сток не формируется независимо от запасов воды в снеге. Для этих условий выявлен генезис процесса и разработана теория водопоглощения.

При уровнях факторов выше лимитирующих всегда образуется сток. Для таких условий нами на основе статистического подхода разработаны регрессионные модели расчета стока, однако они не полностью удовлетворяют решению поставленной задачи. Поэтому мы применили генетический подход и разработали теорию процесса взаимодействия талой воды с мерзлой почвой. Нами установлено, что к концу весеннего снеготаяния почва успевает оттаять в результате термоинфильтрации в разные годы на глубину не более 30 см, то есть впитывание талой воды происходит только в этом слое. Он обычно увлажняется до полной влагоемкости. Оттаивающая почва способна поглотить количество воды, обусловленное объемом свободных пор, а остальная вода стекает. То есть величина стока зависит от снегозапасов и объема свободных пор (разницы между полной влагоемкостью и фактическими запасами воды) в верхнем (0–30 см) слое почвы, который в свою очередь зависит от ее влажности. Таким образом, главным фактором формирования склонового весеннего стока при таких условиях является влажность почвы. Величина стока зависит от того, насколько заполнено поровое пространство верхнего слоя почвы водой, а также от снегозапасов, сформировавшихся на водосборе в течение зимы и осадков, выпавших в период снеготаяния. Снегозапасы играют пассивную роль в его формировании. Стекает та часть снеговой воды, которая превышает объем свободных пор в верхнем слое почвы.

Библиографический список

1. Барабанов А. Т. Эрозионно-гидрологическая оценка взаимодействия природных и антропогенных факторов формирования поверхностного стока талых вод и адаптивно-ландшафтное земледелие. Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2017. 188 с.
2. Барабанов А. Т., Петелько А. И. Прогнозирование поверхностного стока талых вод с сельскохозяйственных угодий в лесостепной части бассейна Волги // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4 (52). С. 1-7.

3. Долгов С. В., Коронкевич Н. И., Барабанова Е. А. Современные изменения поверхностного стока и инфильтрации талых вод на сельскохозяйственных угодьях в лесостепной и степной зонах Русской равнины и их последствия // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2018. № 4. С. 78-91.
4. Калюжный И. Л., Лавров С. А. Гидрофизические процессы на водосборе: Экспериментальные исследования и моделирование. СПб.: Нестор-История, 2012. 616 с.
5. Комиссаров М. А., Габбасова И. М. Эрозия почв при снеготаянии на пологих склонах в Южном Предуралье // Почвоведение. 2014. № 6. С. 734-743.
6. Коронкевич Н. И., Георгиади А. Г., Ясинский С. В. О гидрологических изменениях // Вопросы географии. 2018. № 145. С. 739-744.
7. Мухин В. М. Методы прогнозирования притока воды в водохранилища за период весеннего половодья // Труды Гидрометцентра России. Гидрометеорологические прогнозы. 2014. Вып. 351. С. 108-140.
8. Оценка влияния изменений климата на водный режим и сток рек бассейна Волги / Н. И. Алексеевский [и др.] // Вода: химия и экология. 2013. № 4. С. 3-12.
9. Петелько А. И., Панов В. И. Влияние основных природных факторов на формирование поверхностного стока талых вод в лесомелиорированных агроландшафтах в лесостепной и степной зонах европейской части России // Научные ведомости. Серия: Естественные науки. 2019. Том 43. № 1. С. 16-29.
10. Петелько А. И., Панов В. И. Характеристика поверхностного стока талых вод с разных угодий за 50 лет // Вестник АПК Ставрополя. 2014. № 4 (16). С. 155-162.
11. Сухановский Ю. П. Вероятностный подход к расчету эрозионных потерь почвы // Почвоведение. 2013. № 4. С. 474.
12. Шабаев А. И. Эрозия почв и адаптивно-ландшафтное земледелие // Избранные труды. Саратов: ФГБНУ «НИИСХЮВ», 2017. 648 с.
13. Guidelines for land-use planning // FAO Developm. Series. Rome. 1993. № 1. P. 96.
14. Pimentel D., Burgess M. Soil erosion threatens food production // Agriculture. 2013. № 3 (3). P. 443-463.
15. Surface runoff and snowmelt infiltration into the soil on plowlands in the forest-steppe and steppe zones of the east European plain / A. T. Barabanov, S. V. Dolgov, N. I. Koronkevich, V. I. Panov, A. I. Petelko // Eurasian Soil Science. 2018. V. 51. № 1. P. 66-72.

Conclusions. Based on of the analysis and generalization of the results of many years of own research and literature data, a complex interaction of melt–water with frozen soil under the influence of natural factors of runoff, freezing depth, soil moisture and water reserves in snow was revealed. It is established that at some limiting levels of natural factors (soil freezing to a depth of less than 50 cm, moisture reserves in the soil layer of 0-50 cm less than 70-120 mm in natural zones), runoff was not formed independently of water reserves in the snow. For these conditions, the genesis of the process was revealed and the theory of water absorption is developed.

At the levels of factors above the limiting ones, a runoff is always formed. For such conditions, we have developed regression models for calculating runoff based on a statistical approach, but they do not fully satisfy the solution of the task. Therefore, we applied a genetic approach and developed a theory of the process of interaction of meltwater with frozen soil. We found that by the end of the spring snowmelt, the soil has time to thaw as a result of thermal filtration in different years to a depth of no more than 30 cm, that is, the absorption of melt–water occurs only in this layer. It is usually moistened to full moisture capacity. Thawing soil is able to absorb the amount of water due to the volume of free pores, and the rest of the water drains. That is, the amount of runoff depends on the snow reserves and the volume of free pores (the difference between the total moisture capacity and the actual water reserves) in the upper (0-30 cm) layer of the soil, which in turn depends on its

humidity. Thus, the main factor in the formation of sloping spring runoff under such conditions is soil moisture. The amount of runoff depends on how much the pore space of the upper soil layer is filled with water, as well as on snow reserves formed in the catchment during the winter and precipitation that fell during the snowmelt. Snow reserves play a passive role in its formation. The part of snow water that exceeds the volume of free pores in the upper layer of the soil drains.

References

1. Barabanov A. T. Erosive-hydrological assessment of the interaction of natural and anthropogenic factors of the formation of surface runoff of meltwater and adaptive landscape agriculture. Volgograd: Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, 2017. 188 p.
2. Barabanov A. T., Petelko A. I. Forecasting of the surface runoff of tawny waters from agricultural lands in the forest-steppe part of the Volga basin // *Izvestia of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: science and higher professional education*. 2018. № 4 (52). P. 1-7.
3. Dolgov S. V., Koronkevich N. I., Barabanova E. A. Modern changes in surface runoff and infiltration of meltwater on agricultural lands in the forest-steppe and steppe zones of the Russian plain and their consequences // *Water sector of Russia: problems, technologies, management*. 2018. No. 4. P. 78-91.
4. Kalyuzhny I. L., Lavrov S. A. Hydrophysical processes in the catchment area: Experimental studies and modeling. Saint Petersburg: Nestor-Istoriya, 2012. 616 p.
5. Komissarov M. A., Fedorov I. M. Soil Erosion during snowmelt on the gentle slopes in the southern Urals // *Soil Science*. 2014. No. 6. Pp. 734-743.
6. Koronkevich N. I., Georgiadi A. G., Jasinski, S. V. On hydrological changes // *Questions of Geography*. 2018. No. 145. P. 739-744.
7. Mukhin V. M. Methods of forecasting water inflow to reservoirs during the spring flood // *Proceedings of the Hydrometeorological Center of Russia. Hydrometeorological forecasts*. 2014. Issue 351. P. 108-140.
8. Assessment of the impact of climate change on the water regime and river flow of the Volga basin / N. I. Alekseevsky [et al.] // *Water: chemistry and ecology*. 2013. No. 4. P. 3-12.
9. Petelko A. I., Panov V. I. The influence of the main natural factors on the formation of the surface runoff of meltwater in forest-reclaimed agrolandshafts in the forest-steppe and steppe zones of the European part of Russia // *Scientific Knowledge Series: Natural Sciences*. 2019. Volume 43. No. 1. P. 16-29.
10. Petelko A. I., Panov V. I. Characteristics of the surface runoff of meltwater from different lands for 50 years // *Bulletin of the agro-industrial complex of Stavropol*. 2014. № 4 (16). Pp. 155-162.
11. Sukhanovsky Yu. P. Probabilistic approach to the calculation of soil erosion losses // *Soil Science*. 2013. No. 4. P. 474.
12. Shabaev A. I. Selected works. Soil erosion and adaptive landscape farming. Saratov: FGBNU "NIISKHUV", 2017. 648 p.
13. Guidelines for land-use planning // *FAO Developm. Series*. Rome. 1993. № 1. P. 96.
14. Pimentel D., Burgess M. Soil erosion threatens food production // *Agriculture*. 2013. № 3 (3). P. 443-463.
15. Surface runoff and snowmelt infiltration into the soil on plowlands in the forest-steppe and steppe zones of the east European plain / A. T. Barabanov, S. V. Dolgov, N. I. Koronkevich, V. I. Panov, A. I. Petelko // *Eurasian Soil Science*. 2018. V. 51. № 1. P. 66-72.

Author's Information

Anatoly Timofeyevich Barabanov, chief researcher officer-head of the laboratory of soil protection from erosion of **FSC of Agroecology of RAS** (Russia, 400062, Volgograd, Universitetskiy Ave. 97), doctor of agricultural Sciences, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9945-654X> E-mail: barabanov-a@vfanc.ru tel. 8-961-694-08-44

Информация об авторе

Барабанов Анатолий Тимофеевич, главный научный сотрудник - заведующий лабораторией защиты почв от эрозии ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9945-654X> barabanov-a@vafanc.ru тел. 8-961-694-08-44

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-05

PROSPECTS OF OILSEED CAMELINA IN BIOLOGICAL AGRICULTURE

S.A. Bekuzarova¹, V.I. Buyankin², M.V. Nazarova², I.A. Datieva³

¹*Gorsky State Agrarian University, Vladikavkaz, Russia*

²*Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia*

³*Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Vladikavkaz, Russia*

Received 17.03.2021

Submitted 21.07.2021

Summary

The results of a study of the economically valuable properties of the oilseed camelina are presented in the article. As a result of the research, the overwhelming effect of camelina on pests of grain crops (wheat), as well as on especially malicious perennial root weeds, was established. Revealed the health-improving effect of the culture of winter camelina on the soil of high toxicity contaminated with heavy metals.

Abstract

Introduction. The list of crops cultivated in practice in the Lower Volga region and the North Caucasus is extremely poor and presupposes a strong pasture load on the soil. This creates barriers to obtaining products that meet the requirements of organic farming. The introduction of the oilseed camelina into the sowing structure of a new culture, to a significant extent, reduces this problem, which determines the relevance of the topic. **Object.** The object of research was the sowing of agricultural crops on the chernozems of the mountainous zone of North Ossetia and light chestnut soils of the Lower Volga region, produced taking into account the regional characteristics of these natural zones.

Materials and methods. Experimental observation sites in combined crops of camelina and clover, winter and spring wheat of zoned varieties were located in the formed agricultural landscapes of the regions. The surveys and observations were carried out according to the methodology of field and agrotechnical experiments with oilseeds crops (2007) and according to the methodology of the Research Institute of Agriculture of the South-East (1973). The influence of camelina on the reduction of soil contamination with lead, as well as on the number of wheat pests and weediness of crops of wheat, corn, and potatoes was studied. **Results and conclusion.** The health-improving effect of the oilseed camelina on the pest infestation of agricultural crops, pollution and toxicity of chernozem soil with lead was established. The overwhelming effect of essential oils of vegetative camelina on pests of grain crops (wheat), as well as on particularly malicious root weeds of the aster family: molokan (lettuce), pink bitterness, and others was revealed. The research results can be used as the basis for the formation of regional technologies of biological farming in the cultivation of agricultural products.

Key words: *oilseed camelina, wheat, soil toxicity, weediness, pests of grain crops, biological farming.*

Citation. Bekuzarova S.A., Buyankin V.I., Nazarova M.V., Datieva I.A. Prospects of oilseed camelina in biological agriculture. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3(63). 61-68 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-05.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.