

УДК: 631.459

Эрозионные процессы на территории малого водосборного бассейна — закономерности формирования

Мушаева Т. И., Демидов В. В.

Анализ результатов четырёхлетних исследований формирования талого стока и смыва почвы на территории водосборного бассейна малой реки Любожихи, показал, что поверхностный сток и смыв почвы оказывает влияние не только на интенсивность проявления эрозионных процессов, но и на химический состав речных вод.

Ключевые слова: эрозия, водосборный бассейн, талый сток, смыв почвы, химический состав.

Erosion processes on the territory of small catchment — regularities of formation

Mushaeva T. I., Demidov V. V.

Analysis of the results four years of research of the snowmelt runoff formation and soil loss on the catchment area of the small river Lubozikha showed that surface runoff and soil washout has an influence not only on the intensity of erosion processes, but also on the chemical composition of river waters.

Keywords: erosion, catchment area, snow melt runoff, soil washout, chemical composition.

Введение

Эрозия, вызываемая талыми водами, отличается большей продолжительностью, но меньшей выраженностью, чем ливневая. Потери почвы от эрозии при снеготаянии составляют чаще всего несколько тонн с гектара в год [5]. Отличительной особенностью эрозии почв, вызываемой стоком талых вод, является то, что она может протекать одновременно на больших площадях в районах еже-

годного формирования снежного покрова. Проявляется она тогда, когда почва находится в мерзлом или слабомерзлом состоянии и практически не впитывает талую воду или имеет низкую водопроницаемость, а значительные площади склоновых земель не защищены растительностью.

Эрозия является следствием сложного взаимодействия природных факторов и хозяйственной деятельности человека. Рассматривая основные факторы эрозии, вызываемой стоком талых вод, следует отметить, что смыв почвы при снеготаянии связан, прежде всего, с формированием снежного покрова на водосборной территории, глубиной промерзания и увлажнением почвы, скоростью её оттаивания, эродирующей способностью потоков, противоэрозионной стойкостью почв и др.

Известно, что главными источниками поступления наносов в реки служат поверхность водосборов, подвергающаяся эрозии в период дождей и снеготаяния, и сами русла рек, размываемые речным потоком [8, 9].

Существует ещё один важный аспект негативного проявления водной эрозии. Твердый сток и растворенные в поверхностном стоке химические вещества, представленные остатками удобрений и ядохимикатов, являются мощным и постоянно действующим источником загрязнения речных вод и донных отложений. Этот аспект эрозионной проблемы требует детальных исследований с применения самых современных методов и технических средств, для разработки комплекса почвозащитных мероприятий, направленных на предотвращение или существенное сокращение негативного воздействия почвенной эрозии на водные экосистемы [6].

Цель исследования

Цель исследования состояла в оценке закономерностей проявления эрозионных процессов на территории водосборного бассейна малой реки и влиянии поступающих со смытой почвой и поверхностным стоком химических веществ на качество речных вод в период весеннего половодья.

Для выполнения цели наших исследований на модельном водосборе малой реки Любожихи в период весеннего снеготаяния с 2007 по 2010 годы проводились режимные наблюдения за стоком талых вод, смывом почвы и химическим составом паводковых вод.

Материал и методы исследования

Экспериментальный водосбор расположен на юге Московской области вблизи г. Пущино. Площадь водосбора до створа наблюдений — 18,9 км², из которых на долю интенсивно удобряемой пашни приходится 9,9 км², лес — 7,1 км². Остальные 1,9 км² находятся под лугами, балками, лощинами, оврагами, дорогами, постройками и т.д.

Территория водосборного бассейна входит в Северную часть Среднерусской возвышенности с абсолютными отметками 180—235 м. при урезе р. Оки, равном 110 м. Район исследований расположен в южной части Московской синеклизы с глубоким залеганием коренных пород. Осадочные породы представлены отложениями девона, карбона, юры и мела. Моренные отложения перекрывают известняки московского отдела карбона, выходы которых встречаются на крутых склонах балок. Для территории характерны покровные лессовидные суглинки: средне-, тяжелосуглинистые и глинистые, мощностью 2-3 метра, которые являются почвообразующими породами [2].

Водосбор р. Любожихи по геологическому строению, литолого-минералогическому составу отложений, развитию овражно-балочной сети, глубины эрозионных врезов, лесистости и сельскохозяйственному освоению является типичным лесоаграрным ландшафтом центральной части Русской равнины, входящей в состав Заокского эрозионного плато Среднерусской провинции [10].

Данный бассейн характерен для правобережья р. Оки, как по сельскохозяйственной освоенности, так и по почвам [3]. Почвенный покров водосборного бассейна р. Любожихи представлен серыми лесными почвами, которые подразделяются на 2 подтипа: серые лесные и темно-серые лесные. Более половины общей площади территории изучаемого бассейна занимают серые лесные средне- и тяжелосуглинистые почвы на покровных суглинках [2]. На формирование почвенного покрова водосборной территории существенное влияние оказали склоновые эрозионные процессы, в результате которых смыв и переотложение почвенного материала привело к формированию серых лесных почв различной степени смытости и намытости. Площадь таких почв занимает около 27 % территории водосбора.

Учет жидкого стока проводился с помощью трапецеидального водослива, установленного, в замыкающем створе водосбора. Регистрация высоты водного

потока на водосливе проводилась при помощи автоматизированной системы ISCO-6700 с модулем ISCO-730. Данная система также позволяет производить в заданном временном режиме отбор 24 литровые пробы воды для определения химического состава и содержания почвенного материала.

Определение содержания химических элементов в воде и смываемой почве проводилось стандартными методами. Химический состав вод изучали по следующим показателям: pH; N-NH₄⁺; N-NO₃⁻; Ca₂⁺; Mg₂⁺; K⁺; Na⁺; HCO₃⁻; Cl⁻; SO₄²⁻; P₂O₅ [1, 4, 7].

Результаты исследования и их обсуждение

Источником речного стока являются атмосферные осадки в виде дождя и снега, поступающие в реку в виде поверхностных и грунтовых вод. От интенсивности их поступления зависят высота и продолжительность половодья и паводков, величина твердого стока, степень заиления, химический состав вод и т.п.

Результаты наблюдений за высотой снежного покрова и запасами воды в нём перед снеготаянием с 2007 по 2010 годы показали, что средняя высота снежного покрова перед снеготаянием колебалась от 19 см в лесу до 40 см на прочих территориях. В среднем за 4 года наблюдений высота снежного покрова составила 28,4 см (таблица 1). Запасы воды в снеге с учетом выпадения осадков за период снеготаяния по годам колебались от 83,6 мм до 123,0 мм (в среднем 108,2 мм).

Таблица 1 — Средняя высота снежного покрова и запасы воды в нем на водосборной территории

Показатели	Годы				Среднее
	2007	2008	2009	2010	
d, см	22,3	18,2	37,5	35,4	28,4
S, мм	83,6	123,0	121,3	105,1	108,2

Примечание: d — средняя высота снежного покрова; S — запасы воды в снеге + осадки за период снеготаяния.

Формирование стока талых вод и смыва почвы зависит от температурного режима в период снеготаяния. В годы проведения исследований средняя суточная температура за период формирования поверхностного стока, а, следова-

тельно, и интенсивного снеготаяния составила в 2007 году $+5,7^{\circ}\text{C}$, в 2008 г. — $+3,6$, в 2009 г. — $+2,8$ и в 2010 г. — $+5,3^{\circ}\text{C}$.

Продолжительность же половодья зависит от общей ситуации, складывающейся на территории водосборного бассейна. Проведенные наблюдения показали, что продолжительность половодья в указанные годы колебалась от 22 до 45 дней (рисунок 1).

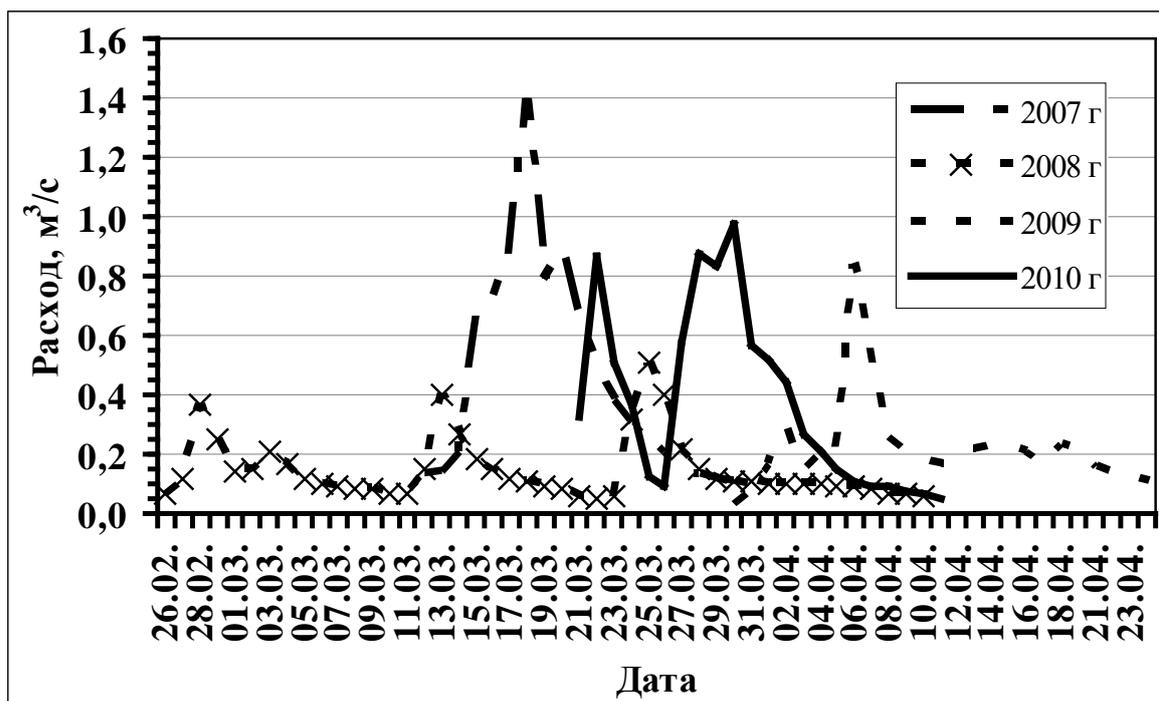


Рисунок 1 — Динамика среднесуточного расхода воды в годы исследований.

За период наблюдений наименьший среднесуточный расход воды отмечался в начале снеготаяния и составил $0,03 \text{ м}^3/\text{с}$, а максимум — в пик половодья ($1,40 \text{ м}^3/\text{с}$). За время наблюдений наибольший суточный объём стока талых вод составил $1199474 \text{ м}^3/\text{сут}$ (2007 год), коэффициент стока изменялся от $0,11$ в 2010 г. до $0,48$ в 2007 г.

Наблюдения за смывом почвы (взвешенные частицы) показали, что содержание взвешенных наносов зависит от объёма стока и временного периода снеготаяния. Во все годы исследований наибольшее содержание взвешенных частиц наблюдалось в период максимума стока. Наши расчёты показали, что повышенное содержание твёрдых частиц во время весеннего паводка и большая водность приводят к тому, что почти 90% годового твёрдого стока выносятся

рекой в весеннее половодье. Вместе с водой по нашим расчетом с водосборной территории выносилось 703 232 кг только взвешенных наносов, что составляет более 372 кг/га. Казалось бы, это небольшая величина, и нет никаких опасений. Тем не менее, эта величина для всей территории бассейна, но эрозионные процессы идут, как правило, на землях, интенсивно используемых в сельскохозяйственном производстве. Исходя из этого, смыв почвы с пашни в годы наблюдений в среднем составил около 900 кг/га. Это только взвешенных наносов, не считая той почвы, которая отложилась в местах её аккумуляции.

Содержание большинства химических элементов в воде, во многом объяснялось динамикой жидкого стока. Исследования показали, что по химическому составу воды р. Любожихи относятся к гидрокарбонатно-кальциевым. По содержанию анионов в составе речных вод гидрокарбонаты занимают первое место. В период паводка наблюдается обогащение паводковых вод сульфатами за счет их выноса из почвы поверхностно-склоновыми и почвенно-грунтовыми водами. Наблюдения показали, что максимальные концентрации химических веществ в паводковых водах за период половодья составили следующие величины: HCO_3^- — 146,0 мг/л, Cl^- — 19,9, SO_4^{2-} — 27,1, Ca^{2+} — 52,3, Mg^{2+} — 10,2, K^+ — 2,7 и Na^+ — 5,6 мг/л. Причем максимальные концентрации этих элементов наблюдаются при минимальных расходах паводковых вод. С возрастанием расхода воды концентрация химических веществ, как правило, снижается. Исключение составляет P_2O_5 .

Кислотность паводковых вод зависела от рН снеговых вод и объема стока. Анализ вод речного стока в период половодья показал, что показатель рН изменялся в сторону кислого при увеличении объема стока. Это связано с тем, что рН снега в период снеготаяния составлял 6,0—6,1. В то же время, при малых расходах паводковых вод показатели рН изменялись в пределах 7,6—8,2.

Выводы

В результате проведенных исследований установлено, что формирование на водосборной территории поверхностного стока талых вод и смыва почвы зависит от запасов воды в снеге и температурного режима, складывающегося в период снеготаяния.

Наблюдения за смывом почвы (взвешенные наносы) показали, что содержание взвешенных наносов зависит от объема стока и временного периода снеготаяния. Во все годы исследований наибольшее содержание взвешенных частиц

наблюдалось в заключительный период формирования поверхностного стока на водосборной территории. В это время отмечается максимальное освобождение поверхности почвы от снега. Это и определяет максимальный смыв почвы на водосборной территории.

В результате поступления с водосборной территории поверхностных вод и смытой почвы происходит изменение химического состава речной воды. Наблюдения за химическим составом паводковых вод в период весеннего снеготаяния 2007—2010 годов показали, что максимальные концентрации химических веществ в речной воде составили следующие величины: HCO_3^- — 146,0 мг/л, Ca^{2+} — 52,3, SO_4^{2-} — 27,1, Cl^- — 19,9, Mg^{2+} — 10,2, K^+ — 2,7 и Na^+ — 5,6 мг/л. Причем максимальные концентрации этих элементов наблюдаются при минимальных расходах паводковых вод, а максимальные — при минимальных.

Исследования показали, что по химическому составу паводковые воды р. Любожихи относятся к гидрокарбонатному классу и кальциевой группе.

Анализ вод речного стока в период половодья показал, что показатель рН изменялся в сторону кислого при увеличении объёма стока. Это связано с тем, что рН снега в период снеготаяния составлял 6,0—6,1. В то же время, при малых расходах паводковых воды показатели рН изменялось в пределах 7,6—8,2.

Изучение поверхностного стока в период весеннего половодья имеет важное, как теоретическое, так и практическое значение. В первую очередь это связано с установлением закономерностей формирования поверхностного стока воды, смыва почвы и их влияния на химический состав речных вод. Это связано и с созданием математических моделей, позволяющих прогнозировать вероятность развития эрозионных процессов на территории агроландшафта. Зная эти закономерности, можно рассчитать потери почв в результате эрозии, а по химическому составу поверхностных вод оценить состояние и функционирование различных ландшафтов.

Благодарности

Авторы приносят искреннюю благодарность сотрудникам лаборатории Функциональной экологии Института фундаментальных проблем биологии РАН д.б.н. А.С. Керженцеву, к.с.-х.н. М.П. Волокитину и Б.К. Сону за помощь в проведении полевых наблюдений и интерпретации полученных результатов.

Литература

1. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. — 656 с.
2. Алифанов, В.М. Палеокриогенез и современное почвообразование. Пущино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1995. — 318 с.
3. Атлас Московской области масштаба 1:100 000, 2-е изд. Изд-во: АСТ-Пресс Картография, Роскартография, Москва, 2003.
4. Вадюнина, А.Ф., Корчагина, З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. — 416 с.
5. Заславский, М.Н. Эрозиоведение. М.: Высшая школа. 1983. — 320 с.
6. Керженцев, А.С., Майснер, Р., Демидов, В.В. и др. Моделирование эрозионных процессов на территории малого водосборного бассейна. М.: Наука, 2006. — 224 с.
7. Киселев, Г.Г., Личко, В.И., Межбурдт, Т.А. Ионоселективные электроды. Применение для исследований химических и физико-химических свойств почв (Методические рекомендации). Пущино, ОНТИ НЦБИ, 1983. — 56 с.
8. Кузнецов, М.С., Глазунов, Г.П. Эрозия и охрана почв: Учебник — 2-е изд. перераб. и доп. М.: Изд-во МГУ, Изд-во “КолосС”, 2004. — 352 с.
9. Маккавеев, Н.И., Чалов, Р.С. Эрозионные процессы. М.: Мысль, 1984. — 220 с.
10. Смирнова, Е.Д. Физико-географическое районирование Московской области // Земледелие. — 1963. — Т.6(46). — С.82—89.