

УДК: 631.459

Закономерности формирования поверхностного стока и смыва почвы в период весеннего снеготаяния на территории агроландшафта и их влияние на качество речных вод

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.

Regularities of formation and erosion processes during spring snowmelt on the territory of agrolandscape and their impact on the quality of river water

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 Lubozhikha 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 почвы, вызываемая формированием поверхностного стока в период весеннего снеготаяния, отличается большей продолжительностью, но меньше выражена, чем ливневая. Потери почвы от эрозии при снеготаянии составляют чаще всего несколько тонн с гектара (Заславский, 1983). Эрозия проявляется тогда, когда почва не защищена растительностью, находится в мерзлом состоянии или имеет низкую водопроницаемость. Смыв происходит, в

основном, в местах движения концентрированных потоков талой воды по освободившейся из-под снега почве, главным образом, в результате разницы температур между воздухом, водой и почвой.

Известно, что главными источниками поступления наносов в реки служит поверхность водосборов, подвергающаяся эрозии в период дождей и снеготаяния, и сами русла рек, размываемые речным потоком (Маккавеев, Чалов, 1984; Кузнецов, Глазунов, 2004).

Существует ещё один важный аспект негативного проявления водной эрозии. Твердый сток и растворенные в поверхностном стоке химические вещества, представленные остатками удобрений и ядохимикатов, являются сильным и постоянно действующим источником загрязнения речных вод и донных отложений (Керженцев, Майснер, Демидов и др., 2006).

Известно, что твердый сток обратно пропорционален площади водосбора. В связи с этим, очевидно, что наибольшая часть смытого материала, по большей части в виде крупных частиц, оседает в нижних частях склонов, в балках, поймах, в лесах и на лугах. Лишь 1 % наиболее мелких фракций почвы транспортируется в крупные реки и моря. В мелкие реки и водоемы доходит 3—5 % твердого стока (Кузнецов, Демидов, 2002). Вместе с почвой по таким же направлениям мигрирует часть удобрений, пестицидов, микроэлементов и продукты загрязнения почв промышленными предприятиями.

Вопросами изучения процессов миграции химических элементов занимаются ученые, как в нашей стране, так и за рубежом. По данным отечественных исследователей осадки холодного периода года содержат значительные количества химических ингредиентов. Больше всего поступает сульфат-иона (8, 5 кг/га), кальция (4, 1 кг/га), хлорид иона (3, 8 кг/га), гидрокарбонат-иона (3, 2 кг/га), нитрат-иона (2, 9 кг/га) и иона аммония (1, 8 кг/га). Кроме этого, за осенне-зимний период наблюдается миграция химических элементов из почвы в снег, которая зависит от градиента температур и концентрации веществ в почве. Миграция биогенных веществ с продуктами эрозии составляет 65 % от их потерь с урожаем (Кузнецов, Демидов, 2002).

Цель исследования

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

Материалы и методы

Экспериментальный водосбор расположен на юге Московской области вблизи г. Пушкино, (юг Московской области). Географическое положение определяется следующими координатами: $54^{\circ} 45'$ — $54^{\circ} 49'$ северной широты и $37^{\circ} 26'$ — $37^{\circ} 36'$ восточной долготы. Площадь до створа наблюдений — $18,9 \text{ км}^2$, из которых на долю пашни приходится $9,9 \text{ км}^2$, лес — $7,1 \text{ км}^2$. Остальные $1,9 \text{ км}^2$ находятся под лугами, балками, лощинами, оврагами, дорогами, постройками и т.д.

Река Любожиха относится к малым рекам, с длиной менее 10 км и площадью водосбора до 50 кв. км. Данный тип рек характерен для большей территории России, и сток малых рек, по большей части характеризует формирование стока крупных рек. Данный бассейн является характерным для правобережья р. Оки, как по сельскохозяйственной освоенности, так и по почвам (Атлас..., 2003).

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 (Алифанов, 1995).

В результате многовековой распашки серых лесных почв и проявлению на этой территории достаточно высоких темпов эрозионных процессов темно-серые лесные почвы подверглись деградации и разрушению.

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 по следующим показателям: рН — потенциометрически; Ca^{2+} и Mg^{2+} — комплексонометрическим методом; K^+ и Na^+ — пламеннофотометрически; HCO_3^- — титрованием кислотой в присутствии индикатора метилового оранжевого; Cl^- — аргенометрическим методом; SO_4^{2-} — весовым методом; P_2O_5 — аскорбиновым методом; N-NH_4^+ — фотоколориметрически; N-NO_3^- — по разнице N (общ. мин.) и N-NH_4^+ (Агрохимические методы..., 1975; Аринушкина, 1970).

Результаты и обсуждение

Формирование поверхностного стока зависит от атмосферных осадков, выпадающих на водосборную территорию. В период весеннего снеготаяния определяющую роль в формировании стока играет снежный покров и запасы воды в нём. 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. Запасы воды в снеге с учетом выпадения осадков за период снеготаяния по годам колебались от 83, 6 мм до 123, 0 мм (таблица 1).

Таблица 1 — Средняя высота снежного покрова (d) и запасы воды в нем (S) 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

Формирование стока паводковых вод и смыва почвы зависят от температурного режима в период снеготаяния. Продолжительность половодья — 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).

За период наблюдений наименьший 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 период наблюдений наибольший суточный объём стока талых вод составил $1199474 \text{ м}^3/\text{сут}$ (2007 г.). За период исследований коэффициент стока изменялся в пределах $0, 11—0, 48$ (таблица 1).

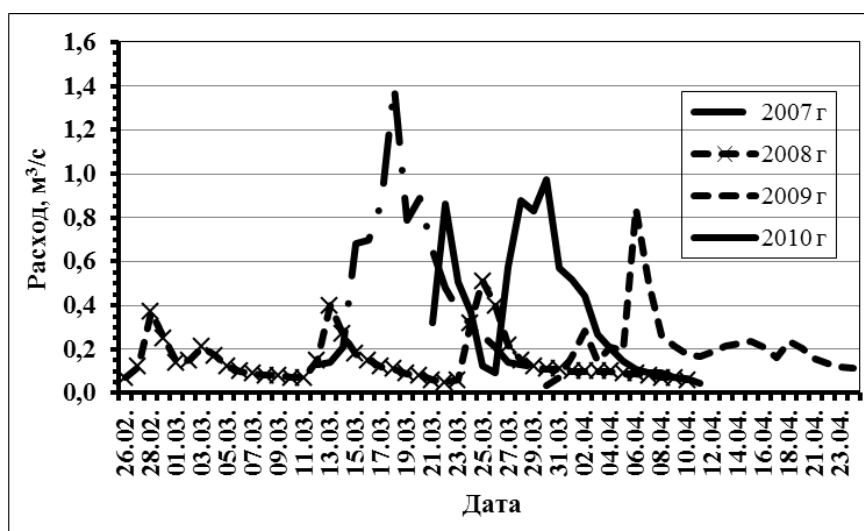


Рисунок 1 — Динамика среднесуточного расхода воды в годы исследований

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. Вместе с водой по нашим расчётам с водосборной территории выносилось в среднем 832 346 кг только взвешенных наносов, что составляет 442 кг/га (таблица 2). Казалось бы, эта величина достаточно небольшая, но, тем не менее, этот показатель смыва со всей площади бассейна. Эрозионные же процессы идут, как правило, на землях, используемых в с.-х. производстве, особенно на пахотных землях. Исходя из этого, смыв почвы с пашни в годы исследований составил в среднем 838 кг/га. Это только взвешенных наносов, не считая той почвы, которая отложилась в местах её аккумуляции.

Таблица 2 — Показатели стока талых вод и смыва почвы (взвешенные наносы) в годы исследований

Показатели	Годы				Среднее
	2007	2008	2009	2010	
Сток, мм	40, 4	30, 0	25, 1	11, 6	26, 8
Коэфф. стока	0, 48	0, 24	0, 21	0, 11	0, 26
∑ смыва, кг	511611	1393805	883724	540242	832346
Смыв, кг/га	272	741	470	287	442
Смыв с пашни, кг/га	515	1402	889	544	838

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 в период наблюдений составили следующие величины: HCO_3^- — 163,5, Cl^- — 15,1, SO_4^{2-} — 27,1, Ca^{2+} — 52,1, Mg^{2+} — 14,1, K^+ — 3,2, Na^+ — 5,1, N-NO_3^- — 2,26, N-NH_4^+ — 0,35 и P_2O_5 — 0,2 мг/л. Причем максимальные концентрации этих элементов наблюдаются при минимальных расходах паводковых вод. С возрастанием расхода воды концентрация химических веществ, как правило, минимальная.

Кислотность паводковых вод зависела от рН снеговых вод и объема стока. рН уменьшался к кислоте при повышении объема стока. Наиболее низкое содержание хлора в речной воде было отмечено в период интенсивного таяния снега. Учитывая, что содержание хлора в серых лесных почвах не превышает 1—2 мг/100 г почвы, таким образом, можно предположить дополнительное его поступление в результате разложения растительных остатков в осенне-зимний период.

Довольно высокое содержание магния в воде реки связано с наличием в четвертичных отложениях монтмориллонитовых глин, а также доломитизированных известняков, в которых происходит выщелачивание ионов магния.

Проведенные расчеты выноса химических веществ с паводковыми водами показали следующие результаты (таблица 3).

Таблица 3 — Вынос химических веществ с паводковыми водами

Годы	Вынос, кг/га									
	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+	N-NO_3^-	N-NH_4^+	P_2O_5
2007	40, 293	3, 993	7, 743	15, 056	2, 531	0, 971	1, 427	0, 685	0, 112	0, 068
2008	33, 704	3, 564	6, 656	7, 946	2, 413	0, 609	0, 419	0, 379	0, 055	0, 016
2009	27, 465	2, 902	5, 179	6, 499	2, 009	0, 545	0, 358	0, 361	0, 054	0, 013
2010	12, 335	1, 109	1, 846	3, 290	0, 806	0, 249	0, 216	0, 190	0, 020	0, 016
Среднее	28, 449	2, 892	5, 356	8, 198	1, 940	0, 594	0, 605	0, 404	0, 060	0, 028

Из исследуемых элементов наибольшее количество с паводковыми водами выносится гидрокарбонат-иона (в среднем за четыре года 28, 449 кг/га), а наименьшее количество P_2O_5 — 0, 028 кг/га. Причем величина выноса

исследуемых веществ снижалась с 2007 по 2010 годы, что связано с уменьшением величины поверхностного стока (таблица 3).

По уменьшению величины выноса, исследуемые химических веществ их можно расположить в следующей последовательности:



Выводы

Изучение стока в период весеннего половодья имеет важное, как теоретическое, так и практическое значение. Это установление закономерностей формирования поверхностного стока и создание моделей, позволяющих проводить различные сценарии с целью оценки и прогноза стока талых вод. Формирование поверхностного стока на водосборной территории приводит не только к паводковым ситуациям, но и способствует развитию эрозионных процессов на данной территории. В результате формирующиеся водные потоки смывают и размывают верхний, наиболее плодородный слой почвы или способствуют образованию оврагов.

Зная закономерности формирования поверхностного стока, можно рассчитать потери почв в результате эрозии, а по химическому составу стекающих поверхностных вод оценить состояние и функционирование различных ландшафтов.

Малые водосборные территории являются основными составляющими глобального гидрохимического стока, конечной точкой которого являются либо замкнутые депрессии, либо океан.

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. В результате поступления с водосборной территории поверхностных вод и смывой почвы происходит изменение химического состава речной воды. Максимальные концентрации химических элементов наблюдаются при минимальных расходах паводковых вод. С возрастанием расхода воды их концентрация имеет минимальные значения.

Вместе с поверхностным стоком и смываемой почвой выносятся химические вещества, используемые в сельскохозяйственном производстве, и различные загрязнители (радиоактивные вещества, отходы промышленного производства

и т.д.). Однако количество смытой почвы, поступившей в реку, не может служить точной мерой всех продуктов эрозии на ее водосборной территории, так как значительная часть смытого материала аккумулируется на поймах, у подножия склонов, в различных понижениях рельефа и за пределы водосборного бассейна не выносятся.

Проведенные наблюдения показали, что с водосборной территории с поверхностным стоком в речные воды могут поступать следующие химические вещества по уменьшению их величины:



Литература

1. Агрехимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.
2. Алифанов В.М. Палеокриогенез и современное почвообразование. Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1995. 318 с.
3. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. 488 с.
4. Атлас Московской области масштаба 1:100 000, 2-е изд. Изд-во: АСТ-Пресс Картография, Роскартография, Москва, 2003.
5. Заславский М.Н. Эрозиоведение. М.: Высшая школа. 1983. 320 с.
6. Кузнецов М.С., Глазунов Г.П. Эрозия и охрана почв: Учебник — 2-е изд. перераб. и дополн. М.: Изд-во Моск. ун-та, Изд-во «Колос», 2004. 352 с.
7. Кузнецов М.С., Демидов В.В. Эрозия почв лесостепной зоны Центральной России: Моделирование, предупреждение и экологические последствия. М.: Полтекс, 2002. 184с.
8. Керженцев А.С., Майснер Р., Демидов В.В. и др. Моделирование эрозионных процессов на территории малого водосборного бассейна. М.: Наука, 2006. 224 с.
9. Маккавеев Н.И., Чалов Р.С. Эрозионные процессы. М.: Мысль, 1984. 220 с.

Literature

1. Agrohimicheskie metody issledovaniya pochv. M.: Nauka, 1975. 656 s.
2. Alifanov V.M. Paleokriogenez i sovremennoe pochvoobrazovanie. Pushchino: ONTI PNC RAN, 1995. 318 s.
3. Arinushkina E.V. Rukovodstvo po himicheskomu analizu pochv. M.: Izd-vo MGU, 1970. 488 s.
4. Atlas Moskovskoj oblasti masshtaba 1:100 000, 2-e izd. Izd-vo: AST-Press Kartografiya, Roskartografiya, Moskva, 2003.

5. Zaslavskij M.N. EHroziovedenie. M.: Vysshaya shkola. 1983. 320 s.
6. Kuznecov M.S., Glazunov G.P. EHroziya i ohrana pochv: Uchebnik — 2-e izd. pererab. i dopoln. M.: Izd-vo Mosk. un-ta, Izd-vo “Kolos”, 2004. 352 s.
7. Kuznecov M.S., Demidov V.V. EHroziya pochv lesostepnoj zony Central'noj Rossii: Modelirovanie, preduprezhdenie i ehkologicheskie posledstviya. M.: Polteks, 2002. 184s.
8. Kerzhencev A.S., Majsner R., Demidov V.V. i dr. Modelirovanie ehroziionnyh processov na territorii malogo vodosbornogo bassejna. M.: Nauka, 2006. 224 s.
9. Makkaveev N.I., CHalov R.S. EHroziionnye processy. M.: Mysl', 1984. 220 s.