

УДК 631.459.2: [631.51 + 631.811

**ВЛИЯНИЕ ПРОТИВОЭРОЗИОННЫХ ОБРАБОТОК ПОЧВЫ,
КРУТИЗНЫ СКЛОНА И УДОБРЕНИЙ НА МИГРАЦИЮ
ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ**

И. П. МАКАРОВ, И. С. КОЧЕТОВ, Л. И. ЖУРАВЛЕВА, В. В. ЧИБОТАРЬ
(Кафедра земледелия и методики опытного дела)

В результате лизиметрических и полевых исследований установлено, что вынос химических элементов за пределы биогеоценоза вследствие внутripочвенного стока невелик и не может оказать вредного влияния на окружающую среду. Гораздо больше выносятся элементов питания из пахотного слоя с поверхностным стоком. Имеются данные [13], что применяемые на склонах агротехнические приемы не приводят к значительному уменьшению поверхностного стока и не позволяют перевести его во внутripочвенный.

Учитывая, что в Центральном районе Нечерноземной зоны РСФСР еще недостаточно изучено влияние почвозащитных обработок на сток, смыв почвы и миграцию элементов питания, мы поставили задачу определить почвозащитную роль обработок в указанном районе и возможности перевода поверхностного стока во внутрипочвенный, а также дать количественную и качественную оценку выноса химических элементов в зависимости от вида обработки, удобрения и крутизны склона.

Условия и методика

Исследования проводили в 1981—1982 гг. на Конаковском поле учхоза ТСХА «Михайловское».

Схема стационарного полевого опыта (3×2×2) следующая:

| А. Система обработки | Б. Удобрения | В. Крутизна склона |
|----------------------|----------------------------------|--------------------|
| 1. Обычная | 1. Рекомендуемые нормы 60N60P60K | 1. 4° |
| 2. То же + щелевание | | 2. 8° |
| 3. Минимальная | 2. Изучаемые нормы 90N90P90K | |

Опыт заложен в 1980 г. в 5-польном севообороте во времени: овес — 1981 г.; ячмень с подсевом многолетних трав — 1982 г.; многолетние травы 1-го года пользования — 1983 г.; многолетние травы 2-го года пользования — 1984 г.; озимая пшеница — 1985 г. Закладке опыта предшествовали уравнивательные посевы ячменя. Размещение вариантов рендомизированное. Повторность опыта 3-кратная.

Площадь стоковых площадок 1200 м². Экспозиция склона южная. Внутрипочвенный сток изучали на водобалансовых площадках (10×20 м²) по рекомендуемой методике [20].

Щелевание проводили при наступлении первых устойчивых заморозков. Предпосевная обработка почвы под указанные культуры, за исключением многолетних трав, включала культивацию на 6—8 см и предпосевную обработку агрегатом РВК-3. Система удобрения рассчитана на положительный баланс 120N150P100K с учетом содержания этих элементов питания в пахотном слое: P₂O₅ по Кирсанову — 6,5 мг, K₂O по Масловой — 10,2 мг на 100 г, N по Кьельдалю — 0,1 %. Значения других показателей агрохимической характеристики почвы следующие: гидролитическая кислотность — 2,3 мг·экв, сумма поглощенных оснований — 26,4 мг·экв на 100 г, С — 1,2 %, рН_{соль} 6,0.

Определяли: в смывтой почве (твердый сток) — азот общий по Кьельдалю, P₂O₅ по Кирсанову, K₂O по Масловой, гумус по Тюрину [2]; в поверхностном стоке — NO₃, NH₄, K, сумму поглощенных оснований (Ca+Mg) и SO₄; в жидком стоке — K, Na на пламенном фотометре [14], содержание Са трилонометрическим методом [19]. Определение остальных ионов проведено по методикам, описанным О. А. Алейкиным [1], С. М. Драчевым [6].

Результаты и их обсуждение

С увеличением крутизны склона возрастал как сток талых вод, так и смыв почвы, причем по всем изучаемым вариантам обработок соответственно увеличивался и вынос химических элементов. С повышением дозы минеральных удобрений наблюдалась тенденция к возрастанию потерь питательных веществ как с жидким, так и с твердым стоком (табл. 1, 2). Эти данные согласуются с результатами других исследований [3, 4, 10, 17]. Наибольшие потери химических элементов были в варианте 3 (минимальная обработка), особенно при внесении повышенных норм удобрений.

С 1982 г. мы начали определять горизонтальный внутрипочвенный сток. Как видно из табл. 3, щелевание почвы в значительной степени способствовало снижению поверхностного стока и переводу его во внутрипочвенный. Даже при незначительном объеме внутрипочвенного стока потери питательных веществ были существенными. Внутрипочвенный сток в варианте 2 (обычная вспашка + щелевание) составлял 29,3 % на склоне крутизной 8° и 48,5 % на склоне 4°, в варианте 3 (минимальная обработка) — соответственно 9,4 и 2,6 % к общему стоку. Вынос же химических элементов внутрипочвенным стоком колебался соответственно при щелевании от 85,1 до 99,4 %, а при минимальной обработке — от 48,0 до 60 %. Основные элементы питания в варианте 2 накапливаются в щелевой прослойке почвы, т. е. в этом случае образуются очаги с обильным содержанием элементов для корневого питания растений [21].

Нами отмечены также (табл. 1 и 3) преобладание кальция в просачивающихся водах и незначительное вымывание фосфора. Аналогич-

Потери химических элементов с поверхностным стоком талых вод (кг/га) при внесении 60N60P60K (в числителе) и 90N90P90K (в знаменателе) в среднем за 1981—1982 гг.

| Соединение, элемент | Крутизна склона | | | | | |
|-------------------------------|-------------------|------|-------|-------|-------|-------|
| | 4° | | | 8° | | |
| | вариант обработки | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| NO ₃ | 0,7 | 9,4 | 6,6 | 84,5 | 41,7 | 133,7 |
| | 0,7 | 3,1 | 11,7 | 106,5 | 65,2 | 119,0 |
| NH ₄ | 0,2 | 0,9 | 1,2 | 0,7 | 0,7 | 2,0 |
| | 0,2 | 0,5 | 1,3 | 1,0 | 1,2 | 2,2 |
| P ₂ O ₅ | 2,1 | 0,8 | 5,4 | 3,0 | 1,4 | 8,8 |
| | 2,4 | 1,0 | 6,2 | 4,7 | 1,6 | 11,7 |
| K | 4,0 | 0,3 | 9,6 | 22,0 | 14,4 | 84,0 |
| | 1,6 | 0,5 | 11,4 | 34,3 | 30,8 | 73,3 |
| Cl | 68,2 | 52,5 | 85,3 | 100,1 | 37,7 | 252,9 |
| | 69,9 | 64,3 | 92,5 | 128,1 | 54,3 | 281,1 |
| Ca | 31,5 | 35,5 | 68,8 | 44,7 | 16,5 | 121,8 |
| | 34,8 | 38,9 | 76,5 | 55,9 | 24,3 | 140,3 |
| Mg | 35,5 | 30,1 | 45,8 | 56,4 | 30,8 | 198,0 |
| | 39,9 | 32,9 | 51,5 | 86,1 | 38,0 | 219,0 |
| Na | 4,5 | 2,9 | 10,5 | 12,2 | 6,2 | 27,7 |
| | 8,3 | 8,9 | 11,8 | 18,2 | 8,2 | 30,8 |
| NCO ₃ | 85,3 | 89,5 | 100,9 | 126,7 | 112,2 | 350,6 |
| | 90,5 | 92,5 | 122,5 | 157,4 | 114,3 | 388,3 |
| SO ₄ | 12,9 | 1,5 | 26,4 | 7,9 | 43,8 | 185,3 |
| | 6,7 | 1,9 | 26,8 | 89,2 | 76,0 | 189,4 |
| C | 83,3 | 90,1 | 100,5 | 199,3 | 113,5 | 421,6 |
| | 89,9 | 92,5 | 121,4 | 229,3 | 125,3 | 455,3 |

ные данные получили другие исследователи [4, 8, 24] при анализе лизиметрических вод. Магний вымывается водой из почвы в меньшей мере, чем кальций. Так, в поверхностном стоке потери его на склоне 4° были в 1,5 раза ниже. Во внутрипочвенном стоке соотношение между кальцием и магнием изменяется в широком пределе, особенно на склоне крутизной 4° (от 1,29 % в варианте 1 до 3,15 % в варианте 3). На склоне крутизной 8° в изучаемых вариантах обработок соотношение между этими двумя элементами снижается.

Таблица 2

Потери химических элементов (кг/га) с твердым стоком при внесении 60N60P60K (в числителе) и 90N90P90K (в знаменателе) в среднем за 1981—1982 гг.

| Соединение, элемент | Крутизна склона | | | | | |
|-------------------------------|-------------------|------|------|------|------|------|
| | 4° | | | 8° | | |
| | вариант обработки | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| N | 0,82 | 0,02 | 0,56 | 2,46 | 0,97 | 16,4 |
| | 0,14 | 0,04 | 0,60 | 3,04 | 11,1 | 26,0 |
| P ₂ O ₅ | 0,83 | 0,02 | 0,50 | 0,70 | 0,30 | 1,36 |
| | 0,12 | 0,06 | 0,62 | 0,82 | 0,13 | 2,31 |
| K ₂ O | 0,03 | 0,08 | 0,05 | 0,11 | 0,04 | 0,61 |
| | 0,07 | 0,05 | 0,05 | 0,78 | 0,03 | 0,82 |
| C | 1,95 | 0,06 | 1,30 | 5,36 | 1,68 | 29,4 |
| | 0,40 | 0,19 | 1,31 | 8,10 | 2,00 | 39,9 |

Вынос химических элементов (кг/га) с внутрипочвенным стоком в 1982 г.

| Соединение, элемент | Крутизна склона | | | | | |
|-------------------------------|-----------------|-------|------|-----------|-------|-------|
| | 4° | | | 8° | | |
| | вариант | | | обработки | | |
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| NO ₃ | 56,4 | 85,4 | 7,4 | 119,1 | 162,3 | 152,7 |
| NH ₄ | 0,01 | 0,11 | 0,01 | 0,15 | 0,22 | 0,20 |
| P ₂ O ₅ | 1,86 | 1,09 | 0,20 | 0,4 | 0,7 | 0,6 |
| K | 10,2 | 10,0 | 7,8 | 9,5 | 22,1 | 7,4 |
| Cl | 38,1 | 77,2 | 7,1 | 113,0 | 211,5 | 117,4 |
| Ca+Mg | 56,9 | 96,0 | 11,1 | 229,4 | 314,2 | 207,0 |
| HCO ₃ | 94,7 | 156,6 | 25,6 | 96,8 | 543,4 | 327,2 |
| Na | 5,6 | 12,2 | 1,6 | 21,6 | 35,6 | 19,8 |
| SO ₄ | 49,4 | 81,0 | 9,4 | 105,6 | 232,2 | 93,0 |
| C | 64,5 | 125,6 | 14,8 | 204,2 | 316,2 | 205,6 |

В некоторых работах [4] высказывается мнение, что резкое различие миграции катионов магния и кальция в почве связано с тем, что магний в меньшем количестве входит в состав обменных оснований почвы и более энергично потребляется сельскохозяйственными культурами.

Что касается потерь углерода, то они велики и в жидком, и в твердом стоках. С жидким стоком вымывается заметно больше HCO₃, NO₃, SO₄ и углерода, особенно на склоне крутизной 8°.

Известно, что образование углекислоты в почве происходит в результате жизнедеятельности микроорганизмов, дыхания корней и химических процессов [7]. При неблагоприятном газообмене концентрация ее может увеличиваться, что отрицательно сказывается на биологической активности почвы. Весной почва насыщена водой и газообмен в ней ослаблен, поэтому наблюдается повышенное содержание гидрокарбоната в стоковых водах. Высокая концентрация сульфатного иона объясняется слабым поглощением его почвой и большой подвижностью, а также высоким содержанием сульфатов в снегу, лежащем на поле.

Хлор плохо поглощается почвой, поэтому он и выносится стоковыми водами.

Опыты с лизиметрами показали, что калий слабо мигрирует по профилю почвы [4, 10]. По нашим данным, он меньше, чем другие элементы, вымывается из почвы, но все же в достаточно больших количествах. Натрий вымывается в наименьшей степени. Имеются сведения [8], что в дренажных водах натрия в 2 раза больше, чем калия.

Литературные данные о вымывании азота из почвы весьма противоречивы, что объясняется зависимостью его потерь от многих изменяющихся факторов, в частности от активности нитрифицирующих и аммонифицирующих бактерий, которая, в свою очередь, определяется влажностью, реакцией почвенного раствора, температурой почвы, растительным покровом и др. [4].

В нашем опыте наблюдалось значительное вымывание нитратного азота, заметно меньшее аммиачного, а нитратного — только в следовых количествах. На соседних полях в опытах, проведенных И. С. Шатиловым и др. [22], при внесении азота 136 кг/га выносилось 180 кг азота на 1 га, а с фильтрующимися водами — 15—23 кг/га.

Несмотря на то что при щелевании с внутрипочвенным стоком вымывается много питательных веществ, есть все основания предполагать, что они, особенно их легкоподвижные формы, не теряются, а используются растениями. Так, имеются данные [5, 12], что в почве нитраты могут не только просачиваться в нисходящем направлении, но и мигрировать в верхние горизонты из нижележащих с восходящими потоками влаги. В опытах с нитратными удобрениями [11], вносимыми в

Суммарные потери химических элементов в среднем за 1981—1982 гг.

| Показатель | Крутизна склона | | | | | |
|--|-------------------|-------|-------|--------|--------|--------|
| | 4° | | | 8° | | |
| | вариант обработок | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Потери с твердым стоком: смыв почвы, т/га | 0,11 | 0,01 | 0,13 | 0,7 | 0,2 | 4,1 |
| химических элементов, кг/га | 2,05 | 0,2 | 2,7 | 10,7 | 3,2 | 59,0 |
| Потери с жидким поверх- ностным стоком: воды, мм | 11,3 | 3,4 | 15,0 | 29,7 | 20,4 | 49,2 |
| химических элементов, кг/га | 34,6 | 3,8 | 53,9 | 531,1 | 341,8 | 1144,7 |
| Потери с жидким внутри- почвенным стоком: воды, мм | 2,4 | 3,2 | 0,4 | 5,2 | 8,3 | 4,9 |
| химических элементов, кг/га | 368,6 | 645,2 | 85,8 | 1199,8 | 1838,2 | 1130,9 |
| Общие потери химических элементов, кг/га | 405,3 | 649,2 | 142,4 | 1741,6 | 2183,2 | 2334,6 |

парующую почву на различную глубину до 1 м, наблюдались при промывном типе водного режима их миграция и аккумуляция в зоне не глубже 130 см. Под растениями нитраты удобрений в конце опыта по всему профилю почвы до 140 см почти не обнаруживались независимо от глубины внесения кальциевой селитры.

В других опытах [15] при заделке нитроаммофоски на глубину 100 см отмечено снижение прибавки урожая ячменя на 79 %, а сахарной свеклы — только на 3,6 %. Это показывает, что элементы питания, вымываемые из удобрений просачивающимися водами за пределы 20—100 см слоя почвы, не могут считаться потерянными для растений, особенно при чередовании культур, корни которых проникают на разную глубину.

Исследователи еще не пришли к единому мнению о соотношении выноса питательных веществ твердым и жидким стоками. Так, в ряде работ, проведенных в разных природно-климатических зонах СССР, было установлено, что большая часть питательных веществ выносятся с твердым стоком, а потери с жидким стоком незначительные [9, 16,

Таблица 5

Урожайность (ц/га) овса в 1981 г. (в числителе) и ячменя в 1982 г. (в знаменателе) при различных способах обработки почвы и нормах удобрений

| Варианты обработок | Крутизна склона | | | | Среднее по обработке НСР ₀₅ = $\frac{3,82}{2,82}$ |
|----------------------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|--|
| | 4° | | 8° | | |
| | 60N60P60K | 90N90P90K | 60N60P60K | 90N90P90K | |
| 1 | 28,0 | 29,7 | 26,8 | 31,9 | 29,3 |
| | 25,9 | 31,9 | 26,3 | 30,1 | 28,6 |
| 2 | 28,0 | 29,7 | 28,6 | 34,7 | 30,2 |
| | 31,3 | 36,9 | 30,1 | 36,0 | 33,3 |
| 3 | 28,6 | 30,5 | 26,2 | 33,5 | 29,7 |
| | 28,9 | 32,9 | 28,0 | 31,7 | 30,4 |
| Среднее по удоб- рениям | 28,2 | 30,0 | 27,2 | 33,4 | — |
| | 28,9 | 33,9 | 28,1 | 32,3 | — |
| НСР ₀₅ | 2,81 | — | — | — | — |
| | 1,53 | — | — | — | — |

23]. Однако есть данные [17] о том, что с жидким стоком выносятся такое же количество питательных веществ, что и с твердым.

Результаты наших исследований показали, что с твердым стоком выносятся намного меньше питательных веществ, чем с жидким (табл. 4).

Анализ продуктивности овса (1981 г.) и ячменя (1982 г.) свидетельствует о положительном влиянии на урожайность против эрозионных обработок. Как видно из данных табл. 5, в среднем по обработкам существенная прибавка урожая ячменя (4,7 ц/га) получена в 1982 г. при сочетании обычной обработки со щелеванием, а при внесении повышенных норм удобрений прибавка от обработок была существенной в оба года.

Повышенные нормы удобрений в среднем за 2 года обеспечили прибавку урожая зерна 15 % (при крутизне склона 4° на 11, при 8° на 18 %).

Следовательно, необходимо применять повышенные дозы удобрений, особенно на склонах большой крутизны.

Выводы

1. Сочетание обычной обработки со щелеванием способствовало снижению смыва почвы в среднем за 2 года опыта на склонах крутизной 4° и 8° в 11 и 3,0 раза, поверхностного стока воды — соответственно в 3,3 и 1,4 раза. При минимальной обработке смыв почвы на склонах 4° и 8° был больше, чем в контроле, соответственно в 1,2 и 5,9 раза, поверхностного стока — в 1,3 и 1,6 раза. Это определило значительные потери питательных веществ.

2. Щелевание почвы на глубину 40—50 см привело к переводу значительной части поверхностного стока талых вод во внутрисочвенный и обогачению питательными элементами нижележащих горизонтов, при этом доля внутрисочвенного стока в общем стоке на склонах 4° и 8° была соответственно в 2,5 и 4,4 раза выше, чем в контроле.

3. При относительно малом объеме внутрисочвенного стока с ним вымывается в нижележащие горизонты довольно большое количество питательных элементов, которые могут использоваться растениями в течение вегетации.

4. Несмотря на то что содержание отдельных химических соединений в стоковых и просачивающихся водах подвержено заметным колебаниям, соотношение между количеством ионов, за редким исключением, остается постоянным: для анионов — $\text{HCO}_3^- > \text{NO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{P}_2\text{O}_5^{2-}$; для катионов — $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Na}^+ > \text{NH}_4^+$.

5. В варианте со щелеванием урожайность овса возросла на 0,9, ячменя — на 4,7 ц/га по сравнению с контролем. Внесение повышенных доз удобрений способствовало увеличению урожая зерна ячменя и овса на 15 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексин О. А. Химический анализ вод суши. Л.: Гидрометеиздат, 1954. — 2. Аринушкина Е. В. Руководство по хим. анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1961. — 3. Базилинская М. В., Шаймухаметова А. А., Доспехов Б. А., Афанасьева В. К. Миграция органических и минеральных веществ в почве при систематическом применении удобрений. — Изв. ТСХА, 1970, вып. 6, с. 101—108. — 4. Бобринская М. А. Вымывание питательных элементов из пахотных почв в Нечерноземной зоне РСФСР. — Агрехимия, 1975, № 11, с. 142—153. — 5. Воробьев С. А., Иванов Ю. Д. Баланс азота в прифермских севооборотах на дерново-подзолистых почвах. — Изв. ТСХА, 1968, вып. 6, с. 43—54. — 6. Драчев С. М., Разумов А. С., Бруевич С. В., Скопнищев Б. А., Голубева М. Т. Методы хим. и бактериол. анализа воды. М.: Медгиз, 1953. — 7. Зонн С. М., Алешина А. К. О газообмене между почвой и атмосферой под пологом лесных насаждений. — Докл. АН СССР, 1963, т. 5, с. 43—48. — 8. Киндерис З. Б. Вымывание питательных веществ с дренажными водами. — Почвоведение, 1970, № 2, с. 102—110. — 9. Комаров М. Почвозащитная эффективность мелиорантов. — Науч. тр. Воронеж. с.-х. ин-та, 1977, с. 91—101. — 10. Крейер К. Г. Особенности формиро-

вания почвенных лизиметрических растворов в дерново-подзолистых почвах и их возможная роль в питании растений. — В кн.: Плодородие почв и питание растений. Л.: Изд-во ЛГУ, 1973, с. 15—42. — 11. Кудеяров В. Н., Соколов О. А., Бочкарев А. Н. Доступность растениям нитратного азота из различных горизонтов серой лесной почвы. — Тр. X Междунар. конгр. почвоведов. Т. X, 1974, с. 117—123. — 12. Никитишен В. И., Никитишен И. А., Терехова Л. М., Шабнова Н. И. Действие и последствие азотного удобрения в связи с миграцией нитратов по профилю почвы. — Агрохимия, 1979, № 7, с. 8—17. — 13. Орлов А. Д. Поверхностный сток талых вод и смыв в лесостепной зоне Западной Сибири. — В кн.: Эродированные почвы Сибири и пути повышения их производительности. Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1977, с. 23—54. — 14. Полуэктов Н. О. Методы анализа по фотометрии пламени. М.: Химиздат, 1967. — 15. Пыхтин И. Г., Дьячков В. Ф. Эффективность минеральных удобрений в зависимости от глубины заделки в почве. — В сб.: Научн.-техн. бюл. по проблеме «Защита почв от эрозии». Курск, 1980, вып. I (24), с. 36—41. — 16. Танаисенко А. А. Продукты твердого стока эродированных выщелоченных черноземов Кузнецкой котловины. — Изв. АН СССР, сер. биол. наук. Сиб. отд. АН СССР, 1974, вып. 2, с. 3—8. — 17. Туренков Н. И. Состав лизиметрических вод дерново-подзолистых почв в севооборотах и под бессменными культурами. — В кн.: Применение лизиметр. методов в почвоведении, агрохимии и ландшафтоведении. Л.: Изд-во ЛГУ, 1972, с. 129—133. — 18. Углова Л. В. Влияние весеннего стока на химические свойства дерново-подзолистых почв. — В кн.: Основы проблемы охраны почв. М.: Наука, 1975, с. 39—41. — 19. Фесенко Н. Г. Определение кальция трилонометрическим методом. — В кн.: Современные методы хим. анализа природной воды. М.: Изд-во АН СССР, 1955, с. 25—30. — 20. Чернышев Е. П. Исследования склонового и внутриводосборного стока. — В кн.: Принципы организации и методы стационарного изучения почв. М.: Наука, 1976, с. 199—215. — 21. Чешко В. А. Щелевание минеральных почв и влияние его на плодородие. — В сб.: Пути повышения плодородия почв. Киев: Урожай, 1969, с. 95—106. — 22. Шатилов И. С., Замараев А. Г., Чаповская Г. В. Водный режим почвы и потери азота со стоковыми водами в условиях Нечерноземной зоны. — Докл. ВАСХНИЛ, 1974, № 11, с. 5—7. — 23. Шведас А. И. Эрозионная работа поверхностного стока воды. — В кн.: Закрепление почвы на склонах. Донецк, 1968, с. 20—59. — 24. Юшкевич И. А. Потери минеральных удобрений из дерново-подзолистых почв по данным лизиметрических исследований. — В кн.: Применение лизиметрических методов в почвоведении, агрохимии и ландшафтоведении, Л.: Изд-во ЛГУ, 1972, с. 139—146.

Статья поступила 30 января 1985 г.

SUMMARY

The investigations were carried out on the Konakovskoye field of the training farm "Mikhailovskoye" of the Timiryazev Academy in 1981—1982. Soil outwash, thawed waters runoff and losses of nutrients with them have been determined as depended on slope steepness, anti-erosion practises and rates of mineral fertilization. The article contains data on the amount of P, Cl, HCO₃, NH₄, NO₃, SO₄, C, Ca, Mg, Na, K washed out with run-off waters from the soil.

In the Moscow region under combination of conventional soil management with splitting the surface runoff has been found to transfer to subsoil, yielding capacity of oats and barley increasing considerably.