

фосфором в изученных почвах. Полученные результаты свидетельствуют о том, что оптимизация минерального питания кукурузы при выращивании в относительно засушливых почвенно-климатических условиях региона способствует существенно повышению ее продуктивности. При этом наблюдается высокая эффективность использования фосфора из внесенных удобрений растениями кукурузы.

Носов В.В. – региональный директор по Югу и Востоку России Международного института питания растений, кандидат биологических наук; e-mail: vnosov@ipni.net.

Бирюкова О.А. – доцент кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов Южного федерального университета, доктор сельскохозяйственных наук; e-mail: olga\_alexan@mail.ru.

Божков Д.В. – аспирант кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов Южного федерального университета.

## Литература

- Recommended chemical soil test procedure for the North Central region.* North Central Regional Research Publication No. 221 (Revised). Missouri Agricultural Experiment Station SB 1001. Revised January 1998. 73 p.
- Носов В.В., Бирюкова О.А., Купров А.В. и Божков Д.В. 2014. Питание Растений. Вестник Международного института питания растений, 1: 5-8. <http://eeca-ru.ipni.net/article/EECARU-2230>
- Бирюкова О.А., Божков Д.В. и Носов В.В. 2014. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 09 (103). IDA [article ID]: 1031409038. <http://ej.kubagro.ru/2014/09/pdf/38.pdf>
- Johnston A.E., Syers J.K. A New Approach to Assessing Phosphorus Use Efficiency in Agriculture // *Better Crops with Plant Food*. 2009. Vol. 93. №3. P. 14-16. [www.ipni.net/publication/bettercrops.nsf/issue/BC-2009-3](http://www.ipni.net/publication/bettercrops.nsf/issue/BC-2009-3)
- Johnston J., Fixen P., Poulton P. The efficient use of phosphorus in agriculture // *Better Crops with Plant Food*. 2014. Vol. 98. №4. P. 22-24. [www.ipni.net/publication/bettercrops.nsf/issue/BC-2014-4](http://www.ipni.net/publication/bettercrops.nsf/issue/BC-2014-4)

## Поступление фосфора в поверхностный сток при весеннем снеготаянии на севере Великих равнин

Т. Дженсен, К. Тиссен, Э. Салвано, А. Калишук и Д.Н. Флатен

Недавние исследования, проведенные в штатах Альберта и Манитоба (Канада), подтвердили, что на севере Великих равнин Северной Америки поверхностный сток при снеготаянии доминирует в общем годовом стоке с сельскохозяйственных водосборов. Для данного региона характерен относительно выровненный рельеф и засушливый климат с холодной зимой и теплым летом. Методы, используемые для оценки риска попадания фосфора в поверхностные водотоки и озера, в основном были разработаны для теплых и влажных климатических условий, а также расчлененного рельефа. В таких условиях доминирует дождевой сток, и нерастворимый взвешенный фосфор, попадающий в поверхностный сток в результате эрозии почвы, служит главным источником поступления фосфора с сельскохозяйственных земель. Однако на севере Великих равнин, особенно во время весеннего снеготаяния, фосфор в поверхностном стоке в основном представлен растворенными фосфатами поверхностного слоя почвы, растительных остатков и поверхностно внесенного навоза. Методы контроля эрозии почв, помогающие снизить потери фосфора с поверхностными водами в условиях теплого и влажного климата, могут быть менее эффективными на севере Великих равнин. Недавние исследования, проведенные в регионе, также позволили предположить, что содержание подвижного фосфора в почве тесно коррелирует с общими потерями фосфора с поверхностным стоком при снеготаянии. Как было показано для севера Великих равнин, наиболее эффективное снижение и дальнейший контроль потерь фосфора с поверхностным стоком возможны тогда, когда в почве поддерживается не слишком высокое содержание подвижных форм фосфора

**П**еремещение элементов питания с поверхностным стоком – это естественный процесс, протекающий в природной среде. В так называемый доколониальный период на севере Великих равнин элементы питания естественным образом перемещались с поверхностным стоком с целинных степных, лесостепных и лесных территорий. В поверхностном стоке элементы питания находятся главным образом в двух формах, а именно: растворимой и нерастворимой – взвешенной форме (удерживаются поверхностями почвенных частиц). Перемещение элементов с поверхностным стоком имеет большое значение для функционирования акваэко-

систем, так как микроорганизмы, водные растения и животные именно за счет этого получают необходимые им элементы питания.

Однако в результате деятельности человека, включая сельское и лесное хозяйство, урбанизацию, промышленное производство, а также растущую рекреационную нагрузку, может повышаться поступление элементов питания с водосборов в водоемы. Усилению потерь элементов питания могут способствовать такие виды деятельности, как расчистка территорий, внесение в почву минеральных и органических удобрений, очищенных бытовых и промышленных сточных вод, а также, осадка сточ-



**Сток талых вод** на севере Великих равнин.

*Фотография любезно предоставлена Департаментом развития сельского хозяйства и сельских территорий провинции Альберта*

ных вод. Например, проведенное на протяжении 8-ми лет изучение качества поверхностных вод на 23-х сельскохозяйственных водосборах в провинции Альберта показало, что с повышением интенсификации сельскохозяйственного производства качество вод ухудшается, включая повышение концентраций азота и фосфора (Lorenz и др., 2008). Такой прирост наряду с продолжающимся поступлением элементов питания с целинных степных, лесостепных и лесных территорий способствует накоплению элементов питания в поверхностных водах.

Чрезмерно высокие концентрации фосфора и, в меньшей степени, азота могут ускорить рост водорослей (так называемое «цветение» воды) и других водных растений, что ведет к эвтрофикации пресноводных водотоков, заболоченных водоемов (стариц, устьев рек) и озер. Рост, последующее отмирание и разложение водорослей может приводить к снижению содержания кислорода (аноксии) в вышеуказанных поверхностных водоемах. Это, в свою очередь, оказывает угнетающее воздействие на водные растения и животный мир. В качестве примера можно привести ухудшение качества воды в озере Виннипег в канадской провинции Манитоба (10-м по площади пресноводном озере в мире). Водосборный бассейн озера Виннипег включает большую часть южных территорий провинций Альберта, Саскачеван и Манитоба. В последние годы в этом озере, как и в других водных объектах на севере Великих равнин, неоднократно происходило интенсивное «цветение» воды, что связывают главным образом с избыточным поступлением фосфора с водосборной площади (Совет по контролю за состоянием озера Виннипег, 2006).

Практически на всей территории севера Великих равнин, для которой характерно регулярное выпадение осадков в виде снега, фосфор поступает в поверхностные воды в основном со стоком талых вод. В этом заключается отличие данного региона от

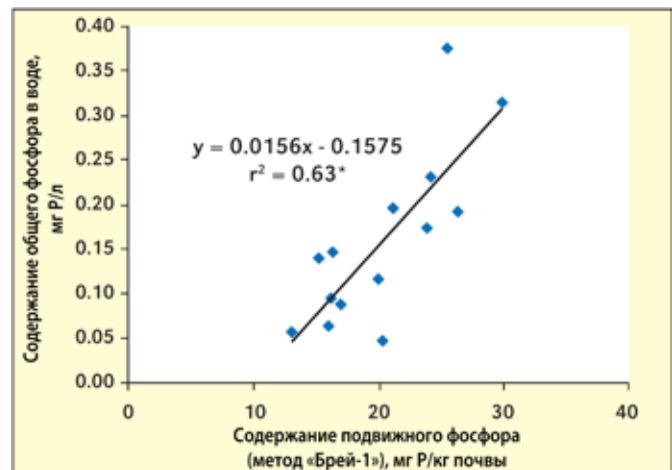
других регионов мира с более теплыми и влажными климатическими условиями, где фосфор поступает в поверхностные воды, как правило, с дождевым стоком, возникающим в результате выпадения интенсивных осадков. Под влиянием стока дождевых вод часто происходит эрозия почв. В результате этого большая часть фосфора, попадающего в поверхностные воды, находится во взвешенной форме. В отличие от дождевого стока сток талых вод вызывает меньшую эрозию почв, так как талые воды обладают меньшей кинетической энергией по сравнению с дождевыми каплями и потоками и оказывают меньшее разрушающее воздействие на почву, которая часто еще находится в мерзлом состоянии. Большая часть фосфора в талых водах находится в растворенной, а не во взвешенной форме. Два исследования, недавно проведенные в провинциях Альберта и Манитоба, показали, что величина потерь фосфора в процессе снеготаяния сильно зависит от содержания подвижных форм фосфора в поверхностном слое почвы (Little и др., 2007; Salvano и др., 2009).

В провинции Альберта на протяжении 3-х лет проводился мониторинг поверхностного стока с 8-ми водосборов, занятых сельскохозяйственными полями (Little и др., 2007). Одна из целей исследования заключалась в том, чтобы установить, насколько содержание фосфора в поверхностном стоке (общий и растворенный – химически активный фосфор) зависит от содержания подвижного фосфора в почве и степени насыщения почвы фосфором. Данные по объему воды и содержанию элементов питания в образцах воды с водосборов, занятых сельскохозяйственными полями, получали во время весеннего снеготаяния и летних дождей. Для всех участков была характерна высокая величина потенциального смыва почвы. Все они одинаково обрабатывались и не испытывали влияния как со стороны животноводства, так и со стороны других факторов, не связанных с сельским хозяйством. Площадь исследуемых водосборов варьировала от 2 до 248 га. Большая часть поверхностного стока (более 90% по всем участкам) формировалась во время весеннего снеготаяния. В результате проведенного исследования была выявлена тесная линейная корреляционная связь между содержанием подвижного фосфора в почве и содержанием фосфора в поверхностном стоке. С таким фактором, как содержание подвижного фосфора в почве, связано 88% варьирования содержания общего фосфора в стоке с водосборов. При снижении содержания подвижного фосфора в почве после прекращения внесения навоза наблюдалось непосредственное снижение содержания фосфора в поверхностном стоке. В вышеуказанной работе были изучены различные схемы отбора почвенных образцов. Однако было установлено, что содержание фосфора в поверхностном стоке можно хорошо спрогнозировать исходя из такого простого показателя, как среднее содержание подвижного фосфора во всех отобранных почвенных образцах. Корреляционные зависимости между содержанием фосфора в поверхностном стоке и содержанием подвижного фосфора в почве при разной глубине отбора почвен-

ных образцов (0-2.5, 0-5.0 и 0-15.0 см) существенно не отличались. Следовательно, при прогнозировании содержания фосфора в поверхностном стоке с сельскохозяйственных земель в провинции Альберта может быть использована общепринятая в агрономии глубина отбора почвенных образцов (0-15 см). Несмотря на то, что для прогнозирования потерь фосфора с поверхностным стоком, а также в результате выщелачивания может применяться такой показатель, как степень насыщенности почвы фосфором, при анализе почвенных образцов в провинции Альберта стандартно определяется только содержание подвижного фосфора. Полученные результаты свидетельствуют о том, что для использования степени насыщенности почвы фосфором вместо содержания подвижного фосфора нет серьезных оснований.

В исследовании, проведенном Салвано с соавт. (Salvano и др., 2009) в провинции Манитоба, изучалась взаимосвязь между качеством воды – содержанием в ней фосфора и следующими тремя показателями, разработанными для оценки потерь данного элемента питания на региональном уровне: 1) «коэффициент потерь» фосфора по Бирру и Мулле (Birg and Mulla's P Index), разработанный для штата Миннесота (США); 2) «первичный индикатор» риска потерь фосфора (Preliminary P Risk Indicator), разработанный для провинции Манитоба (Канада); 3) «индикатор» риска загрязнения воды фосфором, разработанный для Канады – предварительный вариант (Canada's National Indicator of Risk of Water Contamination by Phosphorus). Валидация вышеуказанных подходов к оценке риска потерь фосфора была проведена с использованием данных многолетнего мониторинга качества воды, включая концентрацию общего фосфора, полученных для 14-ти водосборов в провинции Манитоба. В восточных областях вышеуказанной провинции водосборы имеют практически выровненный рельеф, а в западных – холмистый. Мониторинг качества воды, поступающей с водосборов, проводился на протяжении 11-ти лет (1989-1999 гг.). Данные по содержанию подвижного фосфора в почве по полям каждого водораздела за 2000-2003 гг. были предоставлены лабораторией «Бодикот тестинг груп» (Bodycote Testing Group). Полученные результаты сопоставлялись с дозами внесения фосфорных удобрений в рассматриваемом регионе, расчет которых проводился исходя из Сельскохозяйственной статистической базы данных за 2001 г. и потребления удобрений в Канаде.

Как отмечают Салвано с соавт. (Salvano и др., 2009), корреляция между величиной реальных потерь фосфора с поверхностным стоком и вышеуказанными показателями, используемыми для оценки риска потерь фосфора, была слабой и в целом незначимой. Слабая корреляция, по предположению авторов, связана с тем, что в алгоритмах расчета данных показателей делается упор на оценке риска развития эрозии почвы. Однако доля взвешенного фосфора в поверхностном стоке в период весеннего снеготаяния была небольшой. Кроме того, сток талых вод преобладал над дождевым. Для сравнения, 63% варьирования ( $p < 0.01$ ) содержания общего фосфора



**Рис. 1.** Зависимость между содержанием общего фосфора в поверхностных водах и содержанием подвижного фосфора в почвах (метод «Брей-1» - перевод с учетом соответствующих коэффициентов): усредненные данные для 14-ти водосборов в провинции Манитоба (Канада).

\* Статистически значимая корреляционная связь ( $p < 0.01$ ) [Адаптировано из: Salvano и др., 2009]

в пробах воды было связано с таким фактором, как содержание подвижного фосфора в почве (рис. 1). Хотя три рассмотренных подхода к оценке риска потерь фосфора с поверхностным стоком учитывают в основном развитие эрозии почвы, содержание общего фосфора в поверхностном стоке сильнее всего зависит от содержания подвижных форм фосфора в почве. Таким образом, придание слишком большого значения эрозии почвы делает нерациональным использование рассматриваемых комплексных показателей для оценки риска потерь фосфора в условиях провинции Манитоба.

Крайне слабая связь между интенсивностью эрозионных процессов и содержанием общего фосфора в поверхностном стоке ставит вопрос о роли противоэрозионных мер в снижении фосфорной нагрузки с водосборов в регионе прерий в провинции Манитоба. Так, недавно проведенные исследования показали, что накопление фосфора в водных артериях провинции Манитоба либо незначительно уменьшалось, либо даже увеличивалось в результате применения таких традиционно эффективных противоэрозионных мероприятий, как создание буферных полос (Sheppard и др., 2006) и использование ресурсосберегающих технологий обработки почвы (Glozier и др., 2006). Таким образом, для определения риска потерь фосфора с поверхностным стоком и их количественной оценки в условиях практически выровненного рельефа прерий в южной части провинции Манитоба необходимо проводить исследования в другом направлении. Так, Салвано с соавт. (Salvano и др., 2009) предлагают разрабатывать и изучать рациональные приемы, направленные на уменьшение потерь фосфора при снеготаянии (главным образом в растворенной форме).

Продолжая работу Глозиера с соавт. (Glozier и др., 2006), Тиссен с соавт. (Tiessen и др., 2010) провели сравнение объемов поверхностного сезонного стока и потерь элементов питания с двух длительно существующих парных водосборов в южной части

провинции Манитоба. Площадь первого водосбора составила 4.1 га. Здесь применялась традиционная система обработки почвы (первичная и вторичная обработка с последующим боронованием перед посевом, покрытие почвы растительными остатками после посева – менее 30%). Площадь второго водосбора составила 5.3 га. На территории этого водосбора применялась ресурсосберегающая система обработки почвы (прямой посев – нулевая обработка почвы с умеренным механическим воздействием, покрытие почвы растительными остатками предшественника после посева – более 30%) (рис. 2). Мониторинг состояния указанных парных водосборов проводился в 1993-2007 гг., а ресурсосберегающая технология обработки почвы на водосборе площадью 5.3 га была введена в 1997 г. Полученные данные были сгруппированы по трем периодам: 1) 4-летний «калибровочный» период (1993-1996 гг.); 2) 7-летний переходный период (1997-2003 гг.) и 3) 4-летний итоговый период. Изучаемые водосборы находятся в 150 км юго-западнее г. Виннипег (провинция Манитоба).

Закономерности колебаний годового поверхностного стока с изученных парных водосборов – это наличие пика в период весеннего снеготаяния (обычно в марте или апреле), а также многочисленных пиков с мая по ноябрь, связанных с выпадением дождей. Обычно период снеготаяния в этом районе канадских прерий длится несколько дней или даже недель, а дождевые стоки образуются менее 5-ти раз в год (Tiessen и др., 2010). Полученные данные были разделены для двух сезонных периодов – снеготаяния и выпадения дождей. Отбор почвенных образцов с двух водосборов проводился в 2004-2007 гг. ежегодно осенью после уборки (до традиционной обработки полей). Степень покрытия почвы растительными остатками предшественника определялась после проведения весенних полевых работ. С целью установления количества воды, поступающей с каждого водосбора, в конце зимы непосредственно перед началом весеннего снеготаяния измерялась глубина и плотность снежного покрова (табл. 1).

Тиссен с соавт. (Tiessen и др., 2010) отмечают, что за время проведения наблюдений доля осадков в виде снега составила всего 25% от общего годового количества осадков. Однако доля стока талых вод с обоих водосборов достигала 80-90% от общего годового стока. В данном исследовании концентрации растворенных элементов питания в стоке в среднем были выше в период снеготаяния, чем в периоды выпадения дождей. В то же время содержание твердых частиц, а также взвешенных форм элементов пита-



Рис. 2. Граница парных водосборов: традиционная обработка почвы (слева) и ресурсосберегающая (справа). Октябрь 2005 г.

ния в стоке было выше в период выпадения дождей. Однако в связи с тем, что снеготаяние было основным гидрологическим процессом, большие потери элементов питания во взвешенной и растворенной формах происходили именно в период снеготаяния (рис. 3).

Следует также отметить, что как весной, так и летом в поступлении азота и фосфора с двух водосборов растворенная форма преобладала над взвешенной. Это было особенно очевидно в период весеннего снеготаяния, когда более 80% азота и фосфора поступало именно в растворенной форме (рис. 3).

Эффективность использования нулевой обработки почвы для уменьшения потерь твердых частиц была хорошо задокументирована (Baker и Lafren, 1983). Однако, как показали предыдущие исследования, при нулевой обработке почвы общие потери элементов питания снижаются в связи со значительным уменьшением объема стока и перемещаемой массы твердых частиц. В работе Тиссена с соавт. (Tiessen и др., 2010) объем стока талых вод был сопоставим при использовании ресурсосберегающей и традиционной системы обработки почвы, составив соответственно 726 и 729 м<sup>3</sup>/га. В то же время объем дождевого стока был в два раза меньше при использовании ресурсосберегающей системы обработки почвы по сравнению с традиционной (80 и 173 м<sup>3</sup>/га соответственно). Согласно полученным результатам, в условиях субгумидного климата южной части провинции Манитоба ресурсосберегающая обработка почвы может быть эффективным приемом для уменьшения дождевого стока. Сток же талых вод при этом не уменьшается. Одна из предполагаемых причин заключается в том, что в более влажной восточной части севера Великих равнин формируется мощный снежный покров. В этой связи запасы воды в снеге были практически одинаковыми как на во-

Таблица. 1. Степень покрытия растительными остатками и агрохимическая характеристика почв: усредненные данные за 2004-2007 гг. для парных водосборов в провинции Манитоба (Tiessen и др., 2010).

| Водосбор                           | Степень покрытия почвы растительными остатками, % | Запасы воды в снеге, мм | Запасы N-NO <sub>3</sub> (0-15 см), кг/га | Подвижный фосфор по Олсену (0-15 см), мг P/кг почвы | Гумус (0-15 см), % |
|------------------------------------|---|-------------------------|---|---|--------------------|
| Ресурсосберегающая обработка почвы | 56 a*   | 8.13                    | 6.5 b                                     | 19.1 a  | 3.8                |
| Традиционная обработка почвы       | 19 b  | 7.87                    | 8.3 a                                     | 13.1 b  | 3.5                |

\* Разные буквы указывают на достоверные различия (p<0.05).

досборе с традиционной обработкой почвы, так и на водосборе с ресурсосберегающей обработкой (табл. 1). В более засушливой западной части севера Великих равнин выпадает меньше снега, и эпизодически зимой и ранней весной дует теплый ветер «Чинук» (Chinook). Здесь могут проявляться различия в толщине снежного покрова, в протекании процессов снеготаяния, а также в объемах поверхностного стока при использовании традиционной и ресурсосберегающей системы обработки почвы (Pomeroy и Gray, 1995). В регионах с небольшим количеством выпадающего снега предполагается максимальная эффективность снегозадержания в результате применения ресурсосберегающей технологии обработки почвы.

Интересно также отметить, что Тиссен с соавт. (Tiessen и др., 2010) выявили влияние систем обработки почвы на величину потерь азота и фосфора с поверхностным стоком (рис. 3). Переход на ресурсосберегающую технологию способствовал уменьшению потерь общего азота, но в то же время – увеличению потерь общего фосфора. Учитывая различия между двумя водосборами, существовавшие до перехода на ресурсосберегающую технологию обработки почвы на одном из них, а также сезонную и годовую вариабельность климатических и гидрологических параметров, было показано, что после перехода на ресурсосберегающую технологию потери фосфора во взвешенной форме уменьшились на 37%.

Однако после перехода на ресурсосберегающую технологию обработки почвы потери фосфора в растворенной форме увеличились на 36%. При этом снижение потерь фосфора во взвешенной форме никак не могло компенсировать увеличение его потерь в растворенной форме, поскольку с двух водосборов фосфор поступал в основном именно в растворенной форме. Данное увеличение потерь фосфора вызвано тем, что при использовании ресурсосберегающей технологии обработки почвы усиливаются потери фосфора в растворенной форме с поверхностным стоком талых вод. Вероятно, это происходит в результате дифференциации пахотного слоя почвы по содержанию подвижного фосфора (табл. 1), а также вымывания фосфора из растительных остатков и сорняков. Потери общего фосфора в данном исследовании (1.49 кг  $P_2O_5$ /га/год в среднем за 2004-2007 гг. с водосбора, где применялась ресурсосберегающая система обработки почвы), по-видимому, оказывают слабое влияние на состояние почвенного плодородия. Тем не менее, эти потери значимы для экологии, так как ускорение эвтрофикации озер в США связывают с фосфорной нагрузкой в диапазоне 2.24-5.60 кг  $P_2O_5$ /га/год (Sharpley и Rekolainen, 1997).

Такие агротехнологии, как ресурсосберегающие приемы обработки почвы, применяются для улучшения качества поверхностных вод за счет уменьшения выноса твердых частиц и, соответственно, потерь элементов питания во взвешенной форме с сельскохозяйственных полей и водосборов. В регионах с теплым и влажным климатом это может быть эффективно для уменьшения объемов твердого стока и потерь азота. Однако данные агротехнологии

менее эффективны для снижения потерь фосфора в регионах с холодным и сухим климатом, где потери элементов питания происходят в основном в растворенной форме в процессе снеготаяния. В данных условиях может быть более эффективным применение таких систем земледелия, которые позволили бы уменьшить накопление элементов питания в поверхностном слое почвы и в растительных остатках. В работе Тиссена с соавт. (Tiessen и др., 2010) была предложена одна из возможных схем. По мнению авторов, осенняя обработка почвы перед промерзанием и выпадением снега могла бы иметь положительные последствия. Использование данного приема позволило бы заделать в почву часть растительных остатков и сорняков, а также внесенный навоз. В результате этого на поверхности почвы оставалось бы меньшее количество фосфора в водорастворимой форме, который подвержен вымыванию с полей с поверхностным стоком талых вод. Однако для проверки данной гипотезы необходимо проведение дальнейших исследований.

Все описанные выше исследования имеют практическую значимость. Они показали, что содержание подвижного фосфора в почве – это очень важный показатель при оценке потерь фосфора из почв на севере Великих равнин. В связи с этим предполагается, что потери фосфора с поверхностным стоком можно минимизировать, если не допускать накопления подвижного фосфора в почве до чрезмерно высокого уровня. Те же принципы могут быть применены и при регулировании потерь азота. Внесение азота в составе навоза и минеральных удобрений должно быть достаточным для удовлетворения потребностей сельскохозяйственных культур в данном элементе питания. Однако оно не должно быть избыточным, так как это может привести к высокому

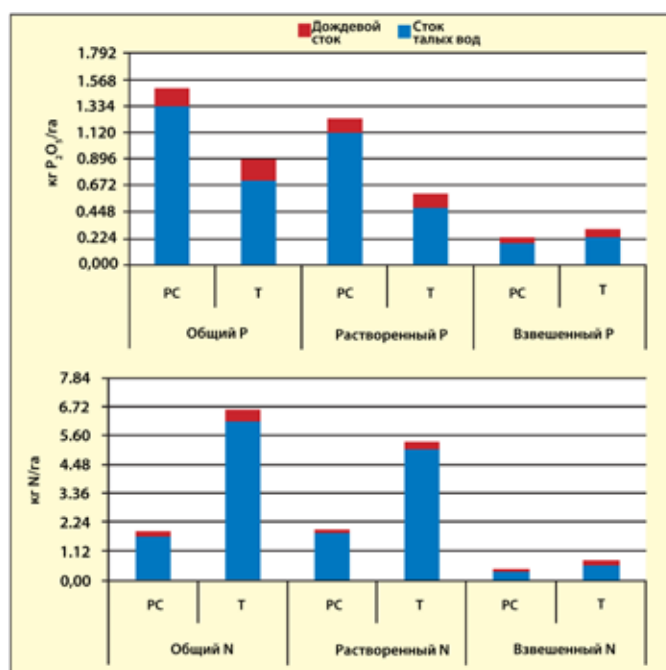


Рис. 3. Годовые потери разных форм фосфора и азота с поверхностным стоком при двух системах обработки почвы (средние данные за 4 года: 2004-2007 гг.).

Примечание: без учета имевшихся различий между водосборами, а также сезонной вариабельности климатических показателей.

накоплению остаточного минерального азота ( $\text{NO}_3^-$  и  $\text{NH}_4^+$ ) в верхнем слое почвы. Для разработки рекомендаций по необходимым уровням содержания подвижного фосфора в почвах, а также агротехнологий, с помощью которых можно бы было контролировать потери фосфора из почв в районах Северной Америки с холодным климатом требуется проведение дальнейших исследований.

Д-р Дженсен – региональный директор Международного института питания растений по Северу Великих равнин, г. Саскатун, провинция Саскачеван; e-mail: [tjensen@ipni.net](mailto:tjensen@ipni.net).

Д-р Тиссен – бывший научный сотрудник Университета Манитобы, г. Виннипег, провинция Манитоба, старший программный координатор Международного исследовательского центра по вопросам развития (IDRC), г. Оттава, провинция Онтарио.

Д-р Салвано – специалист по вопросам изменения климата Департамента развития сельскохозяйственных, продовольственных и сельских инициатив провинции Манитоба, г. Виннипег, провинция Манитоба.

А. Калищук – руководитель отдела по вопросам качества воды Департамента развития сельского хозяйства и сельских территорий провинции Альберта, г. Летбридж, провинция Альберта.

Д-р Флатен – профессор кафедры почвоведения Университета Манитобы, г. Виннипег, провинция Манитоба.

## Литература

- Baker, J.L. and J.M. Laflen. 1983. *J. Soil Water Conserv.* 38:186–193.
- Glozier, N.E., J.A. Elliott, B. Holliday, J. Yartoski, and B. Harker. 2006. *National Water Research Institute, Environment Canada, Saskatoon, SK, Canada.*
- Lake Winnipeg Stewardship Board. 2006. *Reducing Nutrient Loading to Lake Winnipeg and its Watershed – Our Collective Responsibility and Commitment to Action. Report to the Minister of Water Stewardship. December 2006. Lake Winnipeg Stewardship Board, Winnipeg, MB, Canada.*
- Little, J.L., S.C. Nolan, J.P. Casson, and B.M. Olson. 2007. *J. Environ. Qual.* 36:1289–1300.
- Lorenz, K., S. Depoe, and C. Phelan. 2008. *Assessment of Environmental Sustainability in Alberta's Agricultural Watersheds, Project. Vol. 3: AESA Water Quality Monitoring Project. Alberta Agriculture and Rural Development, Edmonton, Alberta, Canada.*
- Pomeroy, J.W. and D.M. Gray. 1995. *Snowcover accumulation, relocation and management. NHRI Science Rep. 7, Cat En36-513/7E. Minister of Supply and Services Canada, Ottawa, ON, Canada.*
- Salvano, E., D.N. Flaten, A.N. Rousseau, and R. Quilbe. 2009. *J. Environ. Qual.* 38:2096–2105.
- Sharpley, A.N. and S. Rekolainen. 1997. *Phosphorus in agriculture and its environmental implications. p. 1–53. In H. Tunney, O.T. Carton, P.C. Brookes, and A.E. Johnston (ed.) Phosphorus Loss from Soil to Water. Center for Agriculture and Biosciences International, New York.*
- Sheppard, S.C., M.I. Sheppard, J. Long, B. Sanipelli, and J. Tait. 2006. *Can. J. Soil Sci.* 86:871–884.
- Tiessen, K.H.D., J.A. Elliot, J. Yartoski, D.A. Lobb, D.N. Flaten, and N.E. Glozier. 2010. *J. Environ. Qual.* 39:964–980.

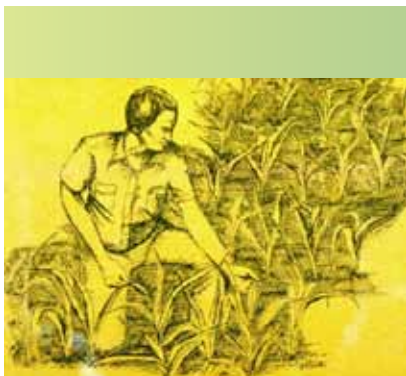
Редактирование перевода с английского: В.В. Носов.



**Приглашаем к сотрудничеству переводчиков (английский язык) для письменных переводов научно-популярных статей.**

Обязательное условие - высшее образование по специальностям: почвоведение, агрохимия, агрономия, физиология растений или любая другая специальность в области биологии.

Присылайте Ваше резюме на [ipni-eeca@ipni.net](mailto:ipni-eeca@ipni.net).



**Московский офис МИПР (IPNI) объявляет о вакансии на должность специалиста по сопровождению агрономических проектов.**

Обязательное условие – высшее образование по специальностям: агрономия, агрохимия или почвоведение, а также опыт практической работы по закладке и проведению опытов с удобрениями. Наличие ученой степени приветствуется.

Обязательно проживание в ЦФО.

Присылайте Ваше резюме на [ipni-eeca@ipni.net](mailto:ipni-eeca@ipni.net)

