

УДК 502/504:631.6

А. Е. КАСЬЯНОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЕ ГЛУБОКОЕ МЕЛИОРАТИВНОЕ РЫХЛЕНИЕ

Глубокое мелиоративное рыхление разрушает в почвенном профиле прослойки с пониженной водопроницаемостью, ускоряет сброс избыточных вод. Рыхление всей площади междренний повышает сброс агрозагрязнителей в дренажные воды и загрязняет окружающую среду. Экологически безопасное рыхление предусматривает рыхление только средних частей междренний. Ширина зоны рыхления рассчитана на базе гидромеханического решения задач фильтрации на междренье с включениями. Используются методы отображения точечных источников и стоков, конформные отображения эллипсов на окружности, теорема об окружности, аналитическое продолжение характеристической функции течения. Ширину зоны рыхления средней части междренний принимают в половину расстояния между дренами. Экспериментальная оценка экологически безопасного глубокого рыхления выполнена на осушаемых землях АО «Раменское» Раменского района Московской области. Расчеты и опыты показывают снижение сброса нитратов по сравнению с рыхлением всего междренья в 2,7 раза, сокращение энергозатрат на 50 %. Энергозатраты на проведение работ по глубокому мелиоративному рыхлению пропорциональны обрабатываемой площади. Урожайность капусты на вариантах рыхления существенно не различались и изменялась от 71,8 т/га при сплошном рыхлении до 67,8 т/га при ширине зоны рыхления 0,5 от междренного расстояния. Отмечается, что экологически безопасное рыхление выполняют агрегатами, которые используют для сплошного рыхления междренний, работы не требуют дополнительного обучения персонала.

Дренаж, глубокое рыхление, экология, гидромеханические решения задач фильтрации, снижение сброса нитратов.

Deep ameliorative loosening destroys in the soil profile of a layer with the lowered water penetration, accelerates dumping of excess waters. Loosening of all the area between drains raises dumping of agro pollutants in drainage waters and pollutes the environment. Ecologically safe loosening provides loosening of only middle parts of drains. The width of the loosening zone of is calculated on the basis of the hydro mechanical decision of filtration problems of on the field between drains with inclusions. Methods of display of dot sources and drains, conformal displays of ellipses on the circle, the theorem of a circle, analytical continuation of the characteristic stream function are used. The width of the loosening zone of the middle part between drains is accepted as a half of the distance between drains. The experimental assessment of the ecologically safe deep loosening is fulfilled on the drained lands of АО «Ramenskoye» of the Ramensky region of the Moscow area. Calculations and experiments show decrease in nitrates dumping in comparison with loosening of the all between drains area by 2.7 times, reduction of power costs by 50 %. Power costs on fulfillment of works on deep reclamation loosening are proportional to the cultivated area. The yield capacity of cabbage did not differ sufficiently at different variants of loosening and changed from 71.8 t/ha under continuous loosening up to 67.8 t/ha under the width of loosening zone 0.5 from the between drains distance. It is noted that ecologically safe loosening is fulfilled by aggregates which are used for continuous loosening, the works do not demand an additional training of the personnel.

Drainage, deep loosening, ecology, hydro mechanical decisions of filtration problems, decrease of nitrates dumping.

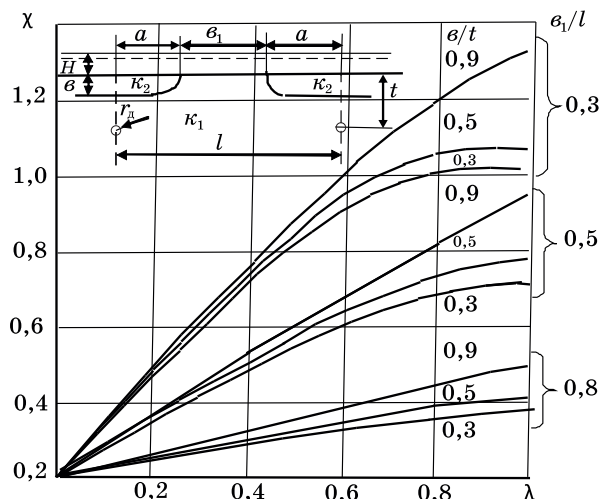
В Нечерноземной зоне РФ наиболее существенное влияние на неблагоприятное мелиоративное состояние осушаемых земель оказывает снижение проницаемости подпахотных горизонтов (32 % площади осушаемых земель) [1]. Многочис-

ленные проходы техники при проведении агротехнических работ, железистые отложения, отложения оболочек диатомовых водорослей на торфяниках создают в почвенном профиле уплотненные горизонты с пониженной водопроница-

емостью. Интенсивность дренирования мелиорируемых земель резко снижается. Отмечаются процессы вторичного заболачивания и повышение интенсивности поверхностного сброса удобрений и средств защиты растений в водоприемник.

Глубокое мелиоративное рыхление разрушает уплотненные горизонты и восстанавливает работоспособность дренажа. При эксплуатационном рыхлении обрабатывают всю площадь поля [2]. Скорость фильтрации в пахотном слое на придренных участках значительно превышает скорость фильтрации в средних частях междреней. Сплошное рыхление еще более увеличивает скорость фильтрации на придренных участках, повышает сбросы агрозагрязнителей в дренажные воды и загрязнение окружающей среды, за счет значительного на этих частях междреней. Экологически безопасное глубокое мелиоративное рыхление предусматривает обработку только средних частей междреней. Ширину зоны рыхления e_1 определяют по графикам при коэффициенте равномерности скорости фильтрации на междренье в пахотном слое $\chi \approx 1$. Графики построены на основе гидромеханических решений задач фильтрации на междреньях с включениями [1] и показаны на рисунке. Используются методы отображения точечных источников и стоков, конформные отображения эллипсов на окружности, теорема об окружности, аналитическое продолжение характеристической функции течения [3]. Экологическое рыхление по сравнению со сплошным рыхлением снижает максимальные величины дренажного расхода. При $e_1/l = 0,3$ и $\lambda = 0,8$ снижение составляет 40 %, при $e_1/l = 0,8$ – 18 %, при $e_1/l = 0,5$ – 22 %. Уменьшение максимальных дренажных расходов более 25 % существенно увеличивает продолжительность отвода избыточных вод. Поэтому за оптимальную величину ширины зоны рыхления принимают $e_1/l = 0,5$. При этом снижение максимальных дренажных расходов составляет 22 %, а коэффициент равномерности скорости фильтрации на междренье χ в пахотном слое при $\lambda = 0,8 \dots 0,9$ близок к 1. Направление движения агрегата с рыхлителем определяет плановое положение дрен, коллекторов, временных оросителей. При поперечной схеме дренажа агрегат перемещается поперек направления

коллектора, при продольной схеме – поперек направлений коллекторов второго порядка. Границы зон рыхления отмечают вехами по трассе коллектора. Глубину рыхления принимают не менее глубины залегания подошвы уплотненного горизонта, но менее 0,25 м глубины залегания коллектора. Рыхлители, технологии обработки почвы до и после рыхления не отличаются от технологий сплошного мелиоративного рыхления.



Графики зависимости равномерности скорости фильтрации на междренье от параметров экологического глубокого мелиоративного рыхления: H – высота слоя воды на подошве пахотного слоя; b – глубина подошвы слоя с пониженной водопроницаемостью κ_2 ; l – междреннее расстояние; t – глубина заложения дрен от подошвы пахотного слоя; r_d – радиус дрены; κ_1 – водопроницаемость почвенного слоя; $\lambda = (\kappa_1 - \kappa_2)/(\kappa_1 + \kappa_2)$; $\chi = v/v_{\text{сред}}$, где $v, v_{\text{сред}}$ – скорости фильтрации в пахотном слое в середине междренья и средняя на междренье соответственно.

Энергозатраты на проведение работ по глубокому мелиоративному рыхлению пропорциональны обрабатываемой площади. При ширине зоны 0,5 от междреннего расстояния по сравнению со сплошным рыхлением междренья они снижаются на 50 %.

Экспериментальная оценка экологически безопасного глубокого рыхления выполнена на осушаемых землях АО «Раменское» Раменского района Московской области. Схема опыта: вспашка на глубину 0,25 см (контроль); сплошное

мелиоративное рыхление на глубину 0,8 м; сплошное щелевание на глубину 0,8 м; рыхление средней части междренний шириной 0,5 и 0,7 от междренного расстояния; щелевание средней части междренний шириной 0,5 и 0,7 от междренного расстояния. Повторность опыта четырехкратная. Размещение повторностей ярусное, в повторности размещение делянок рендомизированное. Площадь учетной делянки 150 м². Общая площадь под опытом 2 га. На опытном участке выращивали капусту белокачанную среднепоздних сортов.

Почвы участка дерново-подзолистые, глеевые тяжелосуглинистые. Плотность сложения 1,30...1,32 т/м³. Пористость 0,50...0,53. Коэффициент фильтрации активного слоя почвы 0,12...0,16 м/сут. На глубине 0,7 м уплотненный железистый слой. Закрытый гончарный дренаж глубиной 1,0 м., междренные расстояния 30 м. Диаметр дрен 0,05 м.

Обработка почвы включала следующие операции: глубокое мелиоративное рыхление, глубина обработки 0,8 м рыхлителем (трехстоечный РС-0,8 на тяге трактора Т-100 МГС); проведено щелева-

ние с глубиной обработки 0,8 м рыхлителем (трехстоечный РС-0,8 со снятыми лемехами на тяге трактора Т-100 МГС); вспашка на глубину 0,25 м; боронование в два следа; культивация на глубину 0,1 м; прикатывание кольчатыми катками. Перед обработкой внесение минеральных удобрений (аммиачной селитры, хлористого калия, нитроаммофоски в дозе N₁₂₀P₁₀₀K₁₅₀) агрегатом 1РМГ-4.

Водобалансовые площадки размещали на разных расстояниях от оси дрены: 1,0, 4,5, 7,5, 15,0 м. В фазу спада половодья и паводков фиксировали скорость фильтрации на поверхности почвы. Измеряли модуль дренажного стока и концентрацию нитратов в дренажной воде. Уровень грунтовых вод, влажность активного слоя почвы мощностью 0,6 м измеряли ежедекадно, после поливов и обильных дождей.

Рыхление средних частей междренний по сравнению с рыхлением всего междренья снижает сброс нитратов с дренажной водой. При ширине зоны рыхления 0,5 от междренного расстояния сброс нитратов с дренажной водой в половодье уменьшается в 2,7 раза с 31,2 до 11,5 мг/л (см. таблицу).

Концентрация нитратов в дренажной воде (мг/л) в зависимости от ширины зоны рыхления

Ширина зоны рыхления, в долях от междренного расстояния	Половодье			Паводок		
	пик	окончание	среднее	пик	окончание	среднее
1,0	16,7	45,7	31,2	13,4	37,8	25,6
0,7	10,8	16,8	13,8	9,6	15,2	12,4
0,5	8,5	14,5	11,5	5,6	13,2	9,4
0,0	6,2	12,0	9,1	3,2	9,8	6,5

Урожайность капусты на вариантах рыхления существенно не различались и изменялась от 71,8 т/га при сплошном рыхлении до 67,8 т/га при ширине зоны рыхления 0,5 от междренного расстояния. Экологически безопасное глубокое мелиоративное рыхление применялось на овоще-кормовых севооборотах Московецкой и Яхромской поймах Московской области.

Выводы

Экологически безопасное глубокое мелиоративное рыхление по сравнению со сплошным рыхлением междреньев в 2,7 раза снижает сброс нитратов с дренажной водой. Энергозатраты на проведение работ снижаются на 50 %. Экологически безопасное рыхление выполняют агрегатами, которые используют для сплошного

рыхления междренний. Работы не требуют дополнительного обучения персонала.

1. **Касьянов А. Е.** Природоохранные технологии осушительных мелиораций: монография. – М.: ФГБОУ ВПО МГУП, 2012. – 196 с.

2. **Зайдельман Ф. Р., Закс В. Г., Оглезнев А. К.** Глубокое мелиоративное рыхление почв в Нечерноземной зоне РСФСР // Гидротехника и мелиорация. – 1978. – № 6. – С. 16–18.

3. **Полубаринова-Кочина П. Я.** Теория движения грунтовых вод. – М.: Наука, 1977. – 664 с.

Материал поступил в редакцию 29.01.2015.
Касьянов Александр Евгеньевич, доктор технических наук, профессор
 E-mail: kasian64@mail.ru