

УДК 502/504:532.5:631.61

**А.Е. КАСЬЯНОВ**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация**СТРОИТЕЛЬСТВО ОСУШИТЕЛЬНОЙ СЕТИ  
ПРИ УГРОЗЕ ЗАОХРИВАНИЯ ДРЕН**

*Технология строительства осушительной системы в условиях угрозы отложения окиси железа в дренах должна включать в себя внесение в почву мелкодисперсного порошка серного колчедана. На придренных участках в полость кротовин вносят в норме 40-60 г/м порошок серного колчедана. Средний размер частиц порошка серного колчедана принимают в пределах от 0.02 до 0.05 мм. Ширину придренных участков принимают в пределах 3.5-5 глубин заложения дрен от подошвы пахотного горизонта. Ширину уточняют по величине коэффициента равномерности скорости фильтрации на междренье. Коэффициент определяют методами гидромеханики фильтрационного потока на междренье и по предложенному графику. По сравнению с аналогом рекомендуемая технология строительства снижает на 24% интенсивность отложения окиси железа в дренах. Технология экологически безопасна.*

*Осушаемые земли, дренаж, кротование, порошок серного колчедана, снижение отложения окиси железа в дренах, метод гидромеханики, экология.*

**Введение.** Заохривание дренажа отмечается на 30% площади осушаемых земель с высоким содержанием закисного железа в почвенных и грунтовых водах. Железобактерии трансформируют растворимое закисное железо в нерастворимую окись железа, которая в виде охры забивает внутреннюю полость и отверстия трубчатых дрен, заиляет дренажные фильтры. Интенсивность заохривания снижают препараты, которые подавляют жизнедеятельность железобактерий и изменяют кислотность среды. Применяют соединения серы, меди, кальция, фенола и др. При строительстве осушительной системы препараты в виде гранулометрического материала размещают в области дренажного фильтра или траншейной засыпки. Охра откладывается в прифильтровой зоне или в нижней части траншейной засыпки, препятствует поступлению избыточной воды в дренаж и снижает интенсивность дренирования. Продукты взаимодействия препаратов с дренажной водой могут поступать в дренажный сток и загрязнять окружающую среду [1].

**Материалы и методы исследования.** Нами предложено вносить препараты для борьбы с заохриванием дренажа в подпахотные горизонты почвенного профиля при выполнении кротования. Кротовины нарезают и одновременно в их полость вносят мелкодисперсный порошок серного колчедана. На дренируемых землях выделяют придренные участки трубчатого дре-

нажа шириной от 3,5 до 5 глубин заложения дрен. На одном междренье выделяют придренные участки указанной ширины, примыкающие к соседним дренам. Далее осуществляют нарезку кротовин. При этом в момент нарезки кротовин в пределах выделенных придренных участков подают в полость кротовин мелкодисперсный порошок серного колчедана в норме от 40 до 60 г/м. Кротование и внесение серного колчедана целесообразно проводить непосредственно после укладки дренажа. Содержащиеся в серном колчедане соединения серы и меди подавляют жизнедеятельность железобактерий, снижая интенсивность отложения окиси железа в отверстиях дренажных труб и в дренажных фильтрах [2].

Ширину придренных участков, на которых вносится серный колчедан, определяют исходя из параметров гидромеханики фильтрационного потока на междренье.

Рассматривается стационарная фильтрация в плоскости зпод действием точечных стоков обильностью  $q$ , которые расположены вблизи центров параллельных дренажной труб, заложённых на глубине  $t$  от подошвы пахотного слоя и на расстояниях  $l$  друг от друга. На подошве пахотного слоя имеется слой воды  $H$ . Обильность  $q$  равна дренажному расходу на единицу длины дренажа. Проницаемость почвенного профиля равняется  $k$ . Ось абсцисс  $x$  совпадает с подошвой пахотного слоя, ось ординат  $y$  направлена вверх и совпадает с центром дренажа. Ком-

плексный потенциал  $\omega(z)$  такого течения будет иметь вид [3]:

$$\omega(z) = \frac{q}{2\pi} \ln \frac{\sin(a(z-ti))}{\sin(a(z+ti))} + C,$$

где  $\omega(z) = \varphi + i\psi$ ,  $\varphi$  – функция потенциала скорости фильтрации,  $\psi$  – функция тока,  $i$  – мнимая единица,  $z = x + iy$ ,  $a = (\pi/l)$ ,  $C$  – постоянная.

Найдем комплексную скорость фильтрации  $v(z)$  на междренье, продифференцировав  $\omega(z)$  по  $z$ :

$$v(z) = \frac{q}{2l} (ctg(a(z-ti)) - ctg(a(z+ti))).$$

Выделив мнимую часть  $v(z)$ , найдем вертикальную составляющую скорости фильтрации  $v_y$ :

$$v_y = -\frac{q}{2l} \left( \frac{sh(a(y+t))}{ch(a(y+t)) - \cos(ax)} - \frac{sh(a(y-t))}{ch(a(y-t)) - \cos(ax)} \right).$$

Положив  $y = 0$ , найдем вертикальную составляющую скорости фильтрации на подошве пахотного слоя  $v_{y=0}$ :

$$v_{y=0} = -\frac{q}{l} \left( \frac{sh(at)}{ch(at) - \cos(ax)} \right).$$

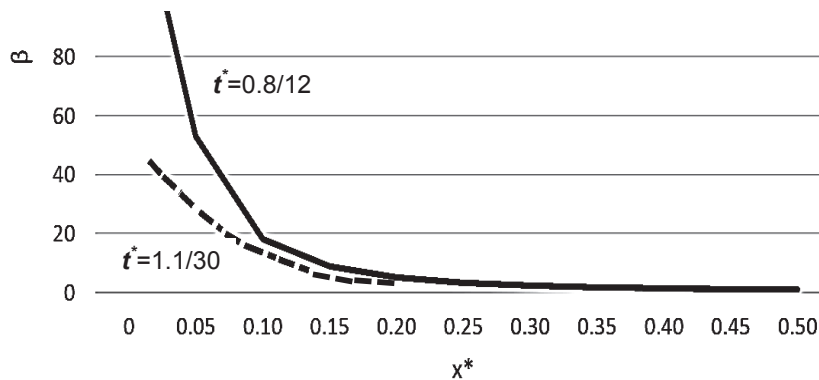


Рис. График зависимости  $\beta$  от  $t^*$  и  $x^*$

Способ реализуют следующим образом. На дренируемых землях выделяют придренные участки трубчатого дренажа шириной от 3,5 до 5 глубин заложения дрен относительно подошвы пахотного слоя. Границы придренных участков отмечают вехами, которые устанавливают на границах полей. Ширина придренных участков зависит от параметров дренажа, которые зависят от водопроницаемости почвогрунтов дренируемого поля и строения почвенного профиля. Ширину придренных участков принимают от 3,5 до 5 глубин заложения трубчатых дрен. Более точно ширину придренных участков рассчитывают по предложенной

Введем коэффициент равномерности скорости фильтрации на междренье:

$$\beta = (v_{y=0, x^*}) / (v_{y=0, x^*=1/2}),$$

где  $v_{y=0, x^*}$ ,  $v_{y=0, x^*=1/2}$  – скорости фильтрации соответственно на расстоянии  $x$  от дрены и в средней части междренья. Подстановкой в  $v_{y=0, x^*}$  и  $v_{y=0, x^*=1/2}$ , затем делением, получаем зависимость для расчета  $\beta$ :

$$\beta = \frac{ch(\pi t^*)}{ch(\pi t^*) - \cos(\pi x^*)},$$

где  $t^* = t/l$ ,  $x^* = x/l$ .

На рисунке показан график зависимости  $\beta$  от  $t^*$  и  $x^*$ .

Из графика следует, что на придренных участках скорость фильтрации в десятки раз превышает ее показатели в средней части междренья. Отсюда более 85% объема дренажной воды, содержащей закисное железо, поступает через придренные участки шириной от 3,5 до 5 глубин заложения дрен. В соответствии с этим целесообразно препараты, снижающие интенсивность заохривания, вносить на придренных участках. В предлагаемой технологии строительства серный колчедан вносят на придренные участки.

Меньшие величины ширины придренных участков принимают на глинистых и суглинистых землях с пониженной водопроницаемостью, большие – на супесчаных и песчаных землях, где водопроницаемость повышена.

Серный колчедан взаимодействует с фильтрующейся водой в верхней части почвенного профиля. Продукты взаимодействия задерживаются нижними слоями почвенного профиля и не поступают в дренажный сток. Отсутствие загрязнения дренажного стока и окружающей среды растворами серного колчедана обеспечивает экологичность предлагаемой технологии.

Поперек направления трубчатого дренажа кротователем нарезают кротовины на глубину до 45 см. Диаметр кротовин составляет до 7 см, расстояние между кротовинами – 2,5-3,0 м. В пределах выделенного придренного участка в момент нарезки кротовин в полость кротовин подают мелкодисперсный порошок серного колчедана. Норма внесения серного колчедана составляет от 40 до 60 г/м и зависит от концентрации закисного железа в дренажной воде. Меньшие величины нормы внесения серного колчедана принимают при концентрации закисного железа в дренажной воде до 5 мг/л, большие – при концентрации более 8 мг/л. Норма внесения серного колчедана менее 40 г/м не оказывает существенного влияния на интенсивность заохривания. Норма внесения серного колчедана более 60 г/м повышает трудоемкость работ без существенного снижения интенсивности заохривания.

Средний размер частиц порошка серного колчедана принимают в пределах от 0,02 до 0,05 мм. При диаметре частиц порошка более 0,05 мм резко снижается равномерность распределения серного колчедана по длине кротовины. При диаметре частиц порошка менее 0,02 мм существенно повышается трудоемкость работ без значительного роста равномерности распределения серного колчедана по длине кротовины. Порошок серного колчедана вносят через дозатор и сопла, установленные на ноже кротователя. Серный колчедан поступает с дренажной водой в зону размещения дренажной трубы. Соединения серы и меди, содержащиеся в серном колчедане, подавляют жизнедеятельность железобактерий и существенно снижают интенсивность отложения окиси железа в отверстия дренажных труб и фильтрах.

**Результаты исследований.** Испытания технологии выполнены в Архангельской области на осушаемом поле площадью 50 га. Концентрация закиси железа в дренажной воде составляет 8 мг/л. Почвы участка – среднесуглинистые. Поле дренировано трубчатым пластмассовым дренажем. Срок эксплуатации составляет 2 года. Длина дрен – 110 м. Глубина заложения трубчатых дрен от подошвы пахотного слоя – 1,0 м. Междренные расстояния – 18 м.

На дренируемом поле вежами выделяют придренные участки шириной 4 м. Кротователем поперек направления трубчатых дрен нарезают кротовины. Диаметр

кротовин составляет 7 см, глубина кротовых дрен – 0,45 м. В пределах придренного участка одновременно с нарезкой кротовин в их полость подают мелкодисперсный порошок серного колчедана. Дозатор настраивают на норму внесения 50 г/м, средний размер частиц порошка – 0,03 мм. На части дренируемого массива в полость кротовых дрен порошок серного колчедана не вносили. Через 2 года после проведения работ участка трубчатых дрен вскрыли. На части дренируемого поля с внесением серного колчедана в дренажных трубах заохривания 2,5% площади водоприемных отверстий. На поле без внесения серного колчедана в полость кротовин в дренажных трубах заохривания 26% площади водоприемных отверстий.

### Выводы

Технология строительства осушительной системы в условиях угрозы заохривания дрен должна включать в себя внесение препаратов, подавляющих жизнедеятельность железобактерий. В качестве препарата используют мелкодисперсный порошок серного колчедана. На придренных участках в полость кротовин вносят в норме 40-60 г/м порошок серного колчедана. Ширину придренных участков принимают в пределах 3,5-5 глубин заложения дрен от подошвы пахотного горизонта. Ширину придренных участков уточняют по величине коэффициента равномерности скорости фильтрации на междренье. Расчет коэффициента равномерности скорости фильтрации на междренье выполняют по предложенной формуле, включающей в себя глубину заложения дрен от подошвы пахотного слоя и расстояния между дренами, а также по предлагаемому графику. Предложенная технология строительства по сравнению с аналогом снижает на 24% интенсивность заохривания трубчатого дренажа.

### Библиографический список

1. Eggelsman R. Dränageleitung für Landbau, Ingenieurbau, landschaftsbau. 2. Aufl. Hamburg und Berlin: Verlag Paul Parey, 1981. 265 die s.
2. Способ кротования дренируемых земель: Пат. 2578535 (Российская Федерация, МПКЕ02В11/00, А01В79/02 / А.Е. Касьянов; Заявитель и патентообладатель – ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева» (ФГБОУ

ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева). Заявка № 2014151829/13; Заявл. 22.12.2014 г.; Оpubл. 27.03.2016 г. // Бюл. № 9. 4 с.

3. Полубаринова-Кочина П.Я. Теория фильтрации грунтовых вод [Формула]. М.: Наука, 1977. 664 с.

Материал поступил в редакцию 03.03.2017 г.

### Сведения об авторе

**Касьянов Александр Евгеньевич**, доктор технических наук, профессор кафедры «Мелиорация и рекультивация земель» ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Большая Академическая, д. 44; e: mail: kasian64@mail.ru; тел.: 8 (499) 976-30-70.

### A.YE. KASYANOV

Federal state budgetary educational institution «Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev», Moscow, Russian Federation

## BUILDING OF THE DRAINAGE SYSTEM UNDER THE THREAT OF IRON OXIDE DEPOSITIONS IN DRAINS

*The technology of construction of a drainage system under the threat of iron oxide deposition in drains should include applying of fine-dispersed powder of pyrite into land. On the sites close to drains pyrite powder in the norm of 40-60 g/m is introduced into the cavity of mole casts. The average size of the pyrite powder particles is assumed in the range of 0.02 to 0.05 mm. The width of the nearby drain sites are assumed in the range of 3.5-5 of the drains depths from the bottom of the plow layer. The width is specified by the coefficient value of the uniformity of the filtering speed on the space between drains. The coefficient is determined by the hydromechanics methods of filtration flow on the area between drains and according to the proposed schedule. In comparison with the analogue the recommended construction technology reduces the intensity of the iron oxide deposition in drains by 24%. The technology is environmentally safe.*

*Drained land, drainage, mole cast, pyrite powder, reduction of iron oxide deposition in drains, methods of hydromechanics, ecology.*

### References

1. Eggelsman R. Dränageleitung für Landbau, Ingenieurbau, landschaftsbau. 2 Aufl. Hamburg und Berlin: Verlag Paul Parey, 1981. 265 die s.

2. Sposob krotovaniya dreniruemyh zemel: Pat. 2578535 (Rossijskaya Federatsiya, MP-KE02V 11/00, A01V 79/02 / A.E. Kasyanov; Zayavitel I patentoobladatel – FGBOU VO «Rossijskij gosudarstvenny agrarny universitet – Moskovskaya seljskohozyajstvennaya akademiya imeni C.A. Timiryazeva» (FGBOU VO RGAU-MSHA imeni C.A. Timiryazeva). Zayavka № 2014151829/13; Zayavl. 22.12.2014 г.; Opubl. 27.03.2016 г. // Bul. № 9. 4 с.

3. Polubarinova-Kochina P.Ya. Teoriya filtratsii gruntovyh vod [Formula]. M.: Nauka, 1977. 664 s.

The material was received at the editorial office  
03.03.2017

### Information about the author

**Kasyanov Alexander Yevgenjevich**, doctor of technical sciences, professor of the chair «Land reclamation and recultivation» FGBOU VO RGAU-MSHA named after C.A. Timiryazev, 127550, Moscow, ul. Boljshaya Academicheskaya, d. 44; e: mail: kasian64@mail.ru; tel.: 8 (499) 976-30-70, Russia, Moscow.