

- автоматизированное управление водоподачей путем стабилизации напора на выходе НС, который задают за напором на диктующем гидранте оросительной сети (вариант 2);
- автоматизированное управление водоподачей путем стабилизации напора на диктующем гидранте оросительной сети, месторасположение которого меняется в зависимости от количества и расхода работающих ДМ (вариант 3).

Заключение. Сравнение технико-энергетических показателей при применении различных технологий управления водоподачей на ЗОС показало очевидные преимущества автоматизированного управления.

Автоматизированное управление водоподачей путем стабилизации напора на выходе НС, по сравнению с управлением водоподачей, что осуществляется машинистами НС в ручном режиме, обеспечивает экономию электроэнергии до 25%.

Наиболее эффективным является способ автоматизированного управления водоподачей путем стабилизации напора на диктующем гидранте оросительной сети, месторасположение которого меняется. Применение данного способа управления водоподачей позволяет уменьшить потребление электроэнергии до 30% за счет уменьшения удельного расхода электроэнергии на перекачивание воды на и минимизации технологических потерь воды на оросительной сети.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Трофимов, А.И. Методы теории автоматического управления, ориентированные на применение ЭВМ. Линейные стационарные и нестационарные модели / А.И. Трофимов, Н.Д. Егунов, А.Н. Дмитриева – М.: Энергоатомиздат. 1997. – 656 с.
2. Васильев, В.В. Математическое и компьютерное моделирование процессов и систем в среде MATLAB: учебное пособие / В.В. Васильев, Л.А. Симак, А.М. Рыбников // Simulink – К.: НАН Украины, 2008. – 91 с.
3. MATLAB: анализ, идентификация и моделирования систем. Специальный справочник. – СПб: Питер, 2001. – 438 с.
4. Коваленко, П.І. Управління водорозподільними системами за принципами ресурсо- та енергоощадження / П.І. Коваленко, В.М. Попов – К.: Аграрна наука, 2011. – 368 с.
5. Попов, В.М. Моделювання динамічних процесів водоподачі та електроспоживання на зрошувальному технологічному комплексі / В.М. Попов, М.М. Таргоній // Меліорація і водне господарство. – 2014. – Вип. 101. – С. 179–189.
6. Попович, М.Г. Електромеханічні системи автоматизації та електропривод (теорія і практика) / М.Г. Попович, В.В. Костицький. – К.: КНУТД, 2008. – 408 с.
7. Попов, В.М. Характеристики випадкового процесу водоподачі у зрошенні / В.М. Попов // Вісн. аграр. науки. – 2002. – № 8. – С. 55–58.

Материал поступил в редакцию 19.04.2016

POPOV V.N., TARGONII N.N. Feasibility of energy efficiency control of water supply in close irrigation systems

It is given a feasibility method of effective automated control of water supply in closed irrigation systems with the use of mathematical modeling of dynamic processes of water supply and power consumption based on their probabilistic and statistical characteristics.

УДК 631.62(043.5)

Рокочинский А.Н., Коптюк Р.Н., Волк П.П., Мешик О.П., Васильев С.В.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ДРЕНАЖА И ОБОСНОВАНИЕ ЕГО ПАРАМЕТРОВ ПРИ ГЛУБОКОМ РЫХЛЕНИИ ПОЧВЫ

Введение. Одной из проблем земледелия на мелиорированных землях является обеспечение высокопродуктивного использования почв среднего и тяжелого гранулометрического состава. Неблагоприятные водно-физические свойства почв приводят к быстрому переувлажнению пахотных горизонтов и застою воды на поверхности в периоды выпадения атмосферных осадков. При дальнейшем высыхании на поверхности образуется почвенная корка, существенно снижающая аэрацию, появляются трещины, достигающие метровой глубины и повреждающие корневую систему [1].

Так, в структуре земельного фонда Волынского Полесья преобладают дерново-подзолистые почвы, подпахотные горизонты которых значительно уплотнены, что негативно влияет на их влагообеспеченность и, соответственно, плодородие. Также необходимо отметить неоднозначное влияние осушения на почвенные процессы, при мелиоративном освоении и использовании почв рекомендуется одновременно с устройством дренажа проводить ряд агро-мелиоративных мероприятий, направленных на увеличение аккумуляционной способности активного слоя почвы, улучшение поверхностного и внутрипочвенного стока, обогащение почвы питательными элементами.

Отсюда, по аналогии с [2], вытекают следующие пути улучшения

работы дренажных систем в слабоводопроницаемых почвах:

- проведение агро-мелиоративных мероприятий, усиливающих приток воды к дрене из подпахотных горизонтов;
- оструктурирование подпахотного горизонта, что позволяет создавать окультуренный, хорошо фильтрующий пахотный слой мощностью до 0,4 м;
- улучшение водопроницаемости траншейной засыпки;
- планировка поверхности, что позволяет улучшить условия отвода и ускорить поверхностный сток.

Наиболее эффективным из таких мероприятий для дерново-подзолистых почв является их глубокое рыхление.

Глубокое рыхление, выполненное в оптимальные сроки с соблюдением всех нормативных требований [3, 4], улучшает водно-воздушный режим, условия питания и развития растений и соответственно повышает производительность мелиорированных земель. При этом повышается эффективность работы закрытого систематического дренажа и появляется возможность для увеличения расстояния между дренами, что, в свою очередь, позволяет уменьшить удельные капиталовложения в проектах строительства и реконструкции

Рокочинский Анатолий Николаевич, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой природообустройства и гидромелиораций Национального университета водного хозяйства и природопользования.

Коптюк Роман Николаевич, к.т.н., доцент, доцент кафедры природообустройства и гидромелиораций Национального университета водного хозяйства и природопользования.

Волк Павел Павлович, к.т.н., доцент, доцент кафедры природообустройства и гидромелиораций Национального университета водного хозяйства и природопользования.

Украина, 33028, г. Ровно, ул. Соборная, 11.

Васильев Сергей Васильевич, начальник Ровенского областного управления водных ресурсов.

Украина, 33013, г. Ровно, ул. Кавказская, 7.

осушительных систем.

Основным способом осушения минеральных переувлажненных почв является закрытый материальный дренаж, который в современных условиях не всегда обеспечивает выполнение проектных показателей водного режима.

Поэтому для решения такой проблемы необходимо проводить агромелиоративные мероприятия, прежде всего глубокое рыхление почвы.

Обобщенные результаты исследований влияния глубокого рыхления на эффективность работы систематического материального дренажа на минеральных осушаемых почвах в различных регионах рассмотрены в [2] и сводятся к следующему:

- закрытый дренаж, заложенный на глубине 1,1–1,3 м при расстояниях между дренами 22,5 м на тяжелых суглинистых почвах в сочетании с глубоким рыхлением обеспечил водно-воздушный режим почвы, близкий к оптимальному для выращивания сельскохозяйственных культур;
- для условий Прикарпатья, Д.А. Тютюнник (1976), исходя из увеличения коэффициента фильтрации под влиянием глубокого рыхления в 10–20 раз, считает возможным увеличить расстояния между дренами с 8–12 м до 15–18 м и с 10–11 м до 13–15 м, а для условий Украинского Полесья рекомендовано расстояния между дренами увеличить до 16–20 м, которые обычно принимаются равными 12–15 м;
- при применении глубокого разрыхления регулярно через 4–5 лет, Х.Ю. Томсон (1978) рекомендовал увеличить междренные расстояния в глинистых почвах на 20 % и суглинистых – до 75 % по сравнению с действующими в Эстонии нормами проектирования;
- в Беларуси нормами проектирования предусмотрено увеличение междренных расстояний при глубоком рыхлении на 20 %, хотя исследования показали, что значения расстояний между дренами могут быть увеличены значительно без заметного влияния на урожайность выращиваемых сельскохозяйственных культур;
- при систематическом применении глубокого рыхления (через 3–4 года) в северных районах российского Нечерноземья рекомендуется увеличивать расстояния между дренами на тяжелых почвах в 1,4–1,6 раза;
- Б.С. Масловым (1981) установлено, что увеличение расстояний между дренами позволит сократить капиталовложения в осушение земель на 20–40 %;
- наибольшее влияние на уровни грунтовых вод глубокое рыхление оказывает в начальный период, при этом, несмотря на разницу в формировании водного режима в зависимости от расстояния между дренами, глубокое рыхление несколько выравнивает разницу в уровнях грунтовых вод и соответственно в урожае выращиваемых культур.

При глубоком рыхлении почвы основными параметрами дренажа является глубина заложения дрен и расстояния между дренами.

В условиях Украины глубина заложения дрен в среднем составляет 0,9–1 м, ее величина регламентирована соответствующими нормативами [3, 5].

По мнению авторов [6, 7], вопрос об увеличении расстояния между дренами при глубоком рыхлении может быть решен на основании технико-экономических расчетов или расчетов неустойчивой фильтрации.

Рассчитывая степень увеличения расстояний между дренами при глубоком рыхлении, в качестве расчетной ими принята простейшая схема фильтрации воды в двухслойном грунте, где коэффициент фильтрации первого слоя – это разрыхленный верхний слой почвы, значительно превышающий коэффициент фильтрации второго слоя, который находится в естественном состоянии (рис. 1).

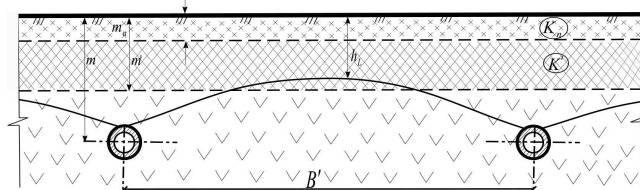


Рисунок 1 – Расчетная схема определения расстояний между дренами при выполнении глубокого рыхления

Расстояние между дренами для совершенного дренажа можно определить по формуле Ш.И. Брусиловского

$$B = 2L = \sqrt{\frac{3p \cdot t}{\delta \cdot \left(0,25 + \ln \frac{m}{m-h_L}\right)}}, \quad (1)$$

где

$$\delta = \begin{cases} \alpha_n \bar{h}, h \leq m_n; \\ \alpha_n \bar{h} + (\alpha - \alpha_n) \cdot \left(\frac{\bar{h} - m_n}{\bar{h}}\right) \text{ при } m' \geq h \geq m_n; \end{cases} \quad (2)$$

$$\bar{h} = m + 2h_L / 3, \quad (3)$$

где t – расчетное время; h_L – норма осушения, м; m_n – мощность пахотного слоя, м; m' – глубина рыхления; m – глубина залегания дрен, м; δ – суммарная водоотдача; $\alpha_n - \alpha$ – производная почвы, соответственно, пахотного и подпахотного горизонтов; P – влагопроводность, м²/сут.

После рыхления α_n , α , δ , B , P обозначаются соответственно α'_n , α' , δ' , B' , P' .

Если принять, что $m_n \leq h_L \leq m'$, тогда:

- до рыхления

$$P = \frac{1}{3} \cdot [K_n \cdot m_n + K(2m - m_n - h_L)]; \quad (4)$$

- после рыхления

$$P' = \frac{1}{3} \cdot [K'_n \cdot m'_n + K'(2m' - m_n - h_L) + 2K(m - m')], \quad (5)$$

где K_n и K'_n – коэффициенты фильтрации пахотного слоя соответственно до и после рыхления, м/сут; K и K' – коэффициенты фильтрации подпахотного слоя до и после рыхления, м/сут.

Соответственно расстояния между дренами:

- до рыхления

$$B = \sqrt{\frac{3 \cdot \frac{1}{3} \cdot [K_n \cdot m_n + K(2m - m_n - h_L)] \cdot t}{\delta \left(0,25 + \ln \frac{m}{m-h_L}\right)}}; \quad (6)$$

- после рыхления

$$B' = \sqrt{\frac{3 \cdot \frac{1}{3} \cdot [K'_n \cdot m'_n + K'(2m' - m_n - h_L) + 2K(m - m')] \cdot t}{\delta' \left(0,25 + \ln \frac{m}{m-h_L}\right)}}. \quad (7)$$

Коэффициент изменения расстояний между дренами ρ при глубоком рыхлении определяются по соотношению

$$\rho = \frac{B'}{B} = \sqrt{\frac{P' \cdot \delta}{P \cdot \delta'}}. \quad (8)$$

Если считать, что водоотдача верхнего пахотного слоя мало меняется после рыхления ($\delta = \delta'$), то коэффициент изменения расстояний между дренами приблизительно можно определить по зависимости

$$\rho = \sqrt{\frac{\frac{K'_n}{K} m_n + \frac{K'}{K} (2m' - m_n - h_L) + 2(m - m')}{\frac{K'_n}{K} m_n + (2m - m_n - h_L)}} \quad (9)$$

Авторами [8] определена степень увеличения расстояний между дренами при глубоком рыхлении тяжелых минеральных почв по годам последствия (таблица 1).

Таблица 1 – Степень увеличения расстояний между дренами при глубоком рыхлении

Периоды после глубокого рыхления	$\frac{K'_n}{K}$	$\frac{K'}{K}$	ρ
Через месяц	3,28	26,0	2,1
1 год	1,83	18,6	1,7
3 года	1,63	6,9	1,4
4 года	1,44	3,1	1,25

Авторы [8] рекомендуют расстояние между дренами в сочетании с глубоким рыхлением рассчитывать по данным о водно-физических свойствах почв на последний год действия. При этом очевидно, что увеличение расстояний между дренами возможно только при периодическом повторении выполнения эксплуатационного глубокого рыхления.

Сравнительные испытания различных средств и технологий глубокого рыхления были выполнены на осушаемом массиве «Печаловка», который находится в пользовании ПСП «Мирное» Костопольского района Ровенской области.

Изучение влияния различных способов и средств глубокого разрыхления на водно-физические свойства и агрометеорологическое состояние осушаемых минеральных почв, а также улучшение работы существующей дренажной системы в целом, технологически было решено путем проведения сравнительных производственных испытаний различных технологий рыхления (традиционных и новейших) [9, 2]: щелевое, полосное, сплошное.

Исследования были проведены по следующим вариантам:

Вариант 1 – щелевое рыхление двухстоечным рыхлителем РУ-45.

Вариант 2 – полосное рыхление одностойчатым многоярусным плужным рыхлителем.

Вариант 3 – сплошное рыхление многоярусным рыхлителем-структуривателем.

Вариант 4 – контрольный вариант без рыхления.

Контрольным (стандартным) вариантом были приняты участки исследуемой дренажной системы, которые подвергались только обычной вспашке без какой-либо дополнительной обработки. Совокупность четырех участков (трех исследовательских и одного контрольного) составили схему полевых исследований, количество повторностей вариантов было принято – 4-кратной.

Результаты расчетов возможного изменения дренированности почвы с учетом существующих параметров дренажа (расстояние между дренами 20 м) для различных вариантов рыхления осушаемых минеральных почв Волынского Полесья, выполненных по изложенной методике, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Расчеты параметров дренажа по различным вариантам рыхления

Варианты рыхления	Без рыхления	Щелевое рыхление	Полосное рыхление	Сплошное рыхление
Расстояния между дренами, м	22 (20)	16 (20)	14 (20)	10 (20)
Степень увеличения дренированности	-	1,38	1,57	2,20

Другими словами, применение глубокого рыхления на фоне существующих параметров дренажа (20 м) по интенсивности дренирования будет отвечать: при щелевом рыхлении – параметрам дренажа 16 м, при рыхлении полосами – 14 м, сплошном рыхлении – 10 м.

В проектах нового строительства, реконструкции и модернизации осушительных систем обозначенной зоны, при определении расстояний между дренами на основе глубокого рыхления осушаемых минеральных почв, считаем целесообразным использовать общепринятую формулу на основе разработок А.Я. Олейника и О.И. Мурашко для однородных и слоистых почв в условиях атмосферно-почвенного питания согласно ДБН В.2.4-1-99 [3], поскольку она, в отличие от предыдущей методики, достаточно полно учитывает конструктивные особенности материального горизонтального дренажа и реализуется по расчетной схеме, аналогичной представленной на (рис. 1) для случая неглубокого водоупора, когда $m_D \leq \frac{E}{4}$.

$$E_i = 4 \left(\sqrt{L_i^2 + \frac{HT}{2q_i}} - L_i \right), i = \overline{1, n_i}, \quad (10)$$

где $h_0 = 0,5H$, м; H – расчетный напор, м; T – водопроницаемость пласта, м/сут.; q – интенсивность инфильтрационного питания, м/сут.; k_{ϕ} – коэффициент фильтрации почв, м/сут.; D – наружный диаметр дрены, м; Φ – фильтрационное сопротивление по характеру вскрытия пласта в зависимости от конструкции дрена, м; L_f – общее фильтрационное сопротивление по степени и характеру вскрытия пласта, м.

Общее фильтрационное сопротивление по степени и характеру вскрытия пласта определяется как

$$L_f = \frac{m_D}{\pi} \left[\ln \left(\frac{2m_D}{\pi D} \right) + \frac{2h_0}{m_D} \ln \left(\frac{4h_0}{\pi m_D} \right) + \left(1 + \frac{2h_0}{m_D} \right) \Phi \right], \text{ м} \quad (11)$$

где m_D – расстояние от оси дрены до водоупора, м; E – расстояние между дренами, м.

Расчетный напор определяется по формуле

$$H = h_g - 0,6h_0, \text{ м}, \quad (12)$$

где h_g – расстояние от поверхности земли до оси дрены; h_0 – норма осушения, м.

Водопроницаемость пласта

$$T = k_{\phi} (m_D + h_0), \text{ м}^2/\text{сут}. \quad (13)$$

Улучшение водно-физических свойств минеральных оглеенных почв при их глубоком рыхлении тем самым интенсифицирует работу закрытого дренажа. Объем дренажного стока при глубоком рыхлении увеличивается главным образом из-за увеличения максимальных модулей стока [8].

Четкая тенденция изменения расчетных значений модулей дренажного стока в зависимости от дренажных расстояний с учетом различных технологий по вариантам глубокого рыхления минеральных почв в исследуемых условиях, определенных по формулам 10–13, прослеживается по данным, представленным в таблице 3.

Таким образом, рассматриваемую методику целесообразно использовать для условий имеющегося дренажа при определении эффективности применения различных технологий рыхления почвы на действующих осушительных системах Волынского Полесья.

Заключение. Приведенные результаты в целом отражают определенную тенденцию степени увеличения междреннего расстояния при глубоком рыхлении осушаемых минеральных почв (см. табл. 2, 3), а также убедительно свидетельствуют о том, что только применение глубокого рыхления на осушаемых минеральных почвах исследуемого объекта «Печаловка» обеспечивает поддержание проектных параметров действующего дренажа по расчетному модулю дренажного стока $q_0 = 0,5$ л/с-га для междреннего расстояния $E = 20$ м.

Таблица 3 – Изменение расчетных значений модулей дренажного стока по параметрам дренажа при различных вариантах рыхления

Варианты рыхления	Расстояния между дренами, м									
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
	Модуль дренажного стока, л/с·га									
Без рыхления	0,50	0,36	0,32	0,28	0,22	0,18	0,13	0,10	0,06	0,01
Щелевое рыхление	0,60	0,54	0,50	0,45	0,35	0,32	0,28	0,25	0,20	0,14
Полосное рыхление	0,75	0,7	0,65	0,55	0,50	0,4	0,35	0,30	0,25	0,18
Сплошное рыхление	1,24	1,18	1,10	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лихацевич, А.П. Мелиорация земель в Беларуси / А.П. Лихацевич, А.С. Мееровский, Н.К. Вахонин. – Минск: БелНИИМил, 2001. – 308 с.
2. Степанюк, А.А. Обґрунтування технології глибокого багатоярусного суцільного розпушення осушуваних мінеральних ґрунтів: автореф. дис... канд. техн. наук: 06.01.02 / Рівне, 2013. – 20 с.
3. Меліоративні системи та споруди: ДБН В.2.4.-1-99 – К., 2000. – 174 с.
4. Мелиоративные системы и сооружения. Нормы проектирования: ТКП 45-3.04-8-2005 – Минск: Министерство строительства и архитектуры Республики Беларусь. – 105 с.
5. Кожушко, Л.Ф. Удосконалення дренажних систем / Л.Ф. Кожушко. – Рівне: Видавництво РДТУ. – 2001. – 279 с.
6. Олейник, В.С. Водно-физические свойства переувлажнённых минеральных почв Западного Полесья УССР и их улучшение в условиях дренажа: дис. ... канд. с.-х. наук. – К., 1973. – 154 с.
7. Чернёнок, В.Я. Способы мелиорации переувлажнённых почв в Нечёрноземье / В.Я. Черненко // Гидротехника и мелиорация. – 1984. – № 3 – С. 49–53.
8. Чернёнок, В.Я. Глубокое рыхление осушаемых тяжёлых почв / В.Я. Черненко, Ш.И. Брусиловский. – М.: Колос, 1983. – 63 с.
9. Науково-методичні рекомендації до застосування глибокого розпушення на осушуваних мінеральних ґрунтах Західного Полісся України / В.С. Гавриш, В.Ф. Ткачук, С.В. Кравець, А.М. Рокочинський, П.І. Мендусь, Г.І. Сапсай [та ін.] – Рівне, 2013. – 46 с.

Матеріал поступив в редакцію 03.05.2016

ROKOCHINSKIY A.M., KOPTIUK R.M., VOLK P.P., MESHYK A.P., VASYLIEV S.V. Improving the efficiency of drainage and study its options in deep soil loosening

Approaches to determine the efficiency of drainage and study its options in deep soil loosening.

УДК 626.876.1 (476)

Стельмашук С.С., Водчиц Н.Н., Громик Н.В.

РЕЗУЛЬТАТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ СОХРАНЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ НА 2011–2015 ГОДЫ ПО БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ПРОДУКТИВНОСТИ ЗЕМЕЛЬ

Введение. Основная цель Государственной программы сохранения и использования мелиорированных земель на 2011–2015 годы (далее – Государственная программа) – повышение продуктивности мелиорируемых земель за счет проведения мелиоративных мероприятий и осушения высокоплодородных земель, что позволит превратить мелиорированные земли в гарантированный источник получения сельскохозяйственной продукции. Этому будут способствовать реконструкция и модернизация устаревших мелиоративных систем, обеспечение их надежного функционирования, интенсификация мелиоративного земледелия и луговодства. Программа ориентирована на эффективное производство экологически чистой сельскохозяйственной продукции.

Основными задачами Государственной программы в области охраны почв и земель являются защита от эрозии, затопления и подтопления, загрязнения животноводческими стоками, восстановление ранее созданного потенциала осушенных земель и его увеличение, сохранение природно-ресурсного потенциала агроландшафтов и его использование в системе сельскохозяйственного производства, повышение продуктивности мелиорированных земель, их устойчивости к неблагоприятным факторам окружающей среды, разработка энерго- и ресурсосберегающих технологий выполнения работ, связанных с повышением почвенного плодородия.

Государственной программой предусматривалось выполнение следующих мероприятий:

- агромелиоративные мероприятия на осушенных сельскохозяйственных землях и рыбоводных прудах;
- реконструкция и восстановление осушительных и осушительно-увлажнительных систем;
- введение в сельскохозяйственное использование высокоплодородных земель и земель на ранее законсервированных объектах мелиорации; реконструкция и восстановление основных сооружений мелиоративных и водохозяйственных систем;
- очистка от древесно-кустарниковой растительности осушенных сельскохозяйственных земель, мелиоративных каналов на осушенных сельскохозяйственных землях, землях лесного фонда и разрабатываемых торфяных месторождений;
- утилизация животноводческих стоков с использованием оросительных систем, причем при эксплуатации этих систем требуется решать вопросы охраны окружающей среды и обеспечения безопасности здоровья людей, в том числе строительства дополнительных сооружений и устройств, обеспечивающих защиту окружающей среды от загрязнения и комфортные условия проживания местного населения;
- эксплуатация мелиоративных систем, расположенных на загрязненных радионуклидами землях.

По данным ГО «Брестмелиоводхоз», в Брестской области общая площадь осушенных земель на 1 января 2016 года составляет 758519 га, в

Водчиц Николай Николаевич, к.т.н., доцент, доцент кафедры природообустройства Брестского государственного технического университета.

Громик Николай Васильевич, доцент кафедры природообустройства Брестского государственного технического университета.

Стельмашук Степан Степанович, к.т.н., доцент, доцент кафедры природообустройства Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.