

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,  
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ  
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Мелиоративно-строительный факультет

# **АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

Сборник трудов  
Международной научно-практической конференции

Горки, 27–28 января 2022 г.

Горки  
БГСХА  
2022

УДК 631.6(045)

ББК 40.6я73

A43

Редакционная коллегия:

Ю. Н. Дуброва (гл. редактор), А. С. Кукреш (отв. секретарь),  
В. И. Желязко, Д. В. Кольчевский, В. И. Кумачев, Р. А. Другомилов

Рецензенты:

кандидат технических наук, доцент А. С. Анженков;  
кандидат технических наук, доцент О. П. Мешик

A43 **Актуальные проблемы природообустройства и пути их решения** : сборник трудов Международной научно-практической конференции / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия; редкол.: Ю. Н. Дуброва (гл. ред.) [и др.]. – Горки : БГСХА, 2022. – 160 с.  
ISBN 978-985-882-273-6.

В сборнике опубликованы научные статьи ученых, представленные на Международную научно-практическую конференцию «Актуальные проблемы природообустройства и пути их решения». Ответственность за достоверность представленной информации несут авторы.

УДК 631.6(045)

ББК 40.6я73

ISBN 978-985-882-273-6

© УО «Белорусская государственная  
сельскохозяйственная академия», 2022

## РАСЧЕТ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ

**А. П. Лихацевич**, д-р техн. наук, профессор  
РУП «Институт мелиорации»,  
Минск, Республика Беларусь

**И. А. Романов**, ассистент  
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** многолетние травы, водопотребление, водобалансовый расчет, математическое моделирование.

**Аннотация.** Выполнено количественное сравнение результатов водобалансовых расчетов по данным полевых исследований 2018–2020 гг. с орошением многолетних трав на испытательном комплексе «Гушково» (БГСХА). Учтено непредсказуемое использование травостоя (или на сено, или на сенаж, или на зеленую массу для откорма при стойловом содержании крупного рогатого скота). Лучшие результаты получены при определении биоклиматических коэффициентов многолетних трав по формулам, построенным на основе физического принципа баланса причинно-следственных взаимодействий в замкнутой физической системе.

**Keywords:** perennial herbs, water consumption, water -balance calculation, mathematical modeling.

**Annotation.** A quantitative comparison of the results of water-balance calculations according to field studies of 2018–2020 was performed. With irrigation of perennial herbs at the Tushkovo test complex (BAA). The unpredictable use of grass stands (either on hay, or on hay, or for the green mass for fattening stall in cattle) is taken into account). The best results were obtained when determining the bioclimatic coefficients of perennial herbs according to the formulas built on the basis of the physical principle of the balance of causal interactions in a closed physical system.

Водопотребление растений сложно измерять, поэтому его обычно вычисляют с использованием косвенных показателей. Известно, что наиболее простым и достаточно точным является биоклиматический метод расчета водопотребления, в котором используется устойчивая корреляция потребления влаги сельскохозяйственным полем с одним

из метеопоказателей, например, с дефицитами влажности воздуха, или со среднесуточными, или максимальными за сутки температурами воздуха. Биологическая составляющая при этом учитывается через вводимые в расчетные формулы, так называемые биоклиматические или биотермические коэффициенты [1]. В наших исследованиях водопотребление растений увязывалось с максимальными за сутки температурами воздуха, для чего использовались соответствующие биотермические коэффициенты [2].

Обычно в методиках расчета водопотребления растений традиционно ориентируются на календарный декадный интервал (10–11 суток). Именно к этому интервалу привязываются и биотермические коэффициенты. Однако для многолетних трав (сенокос, пастбище и др.) пользоваться на практике декадными биотермическими коэффициентами не совсем удобно, поскольку сроки проведения уборки зеленой массы (укосов или стравливаний при пастбищном использовании травостоя) по годам различаются, сдвигаясь на несколько суток в ту или иную сторону, причем часто со сменой декады. Кроме того, в производственных условиях могут применяться разные способы и сроки заготовки травяного корма (сено, сенаж, зеленая масса на откорм при стойловом содержании крупного рогатого скота). В зависимости от различных производственных обстоятельств может меняться количество скашиваний зеленой массы и очередность уборки трав по площади. В связи с этим возникает проблема в построении расчетных формул для определения водопотребления многолетних трав (например, при управлении их орошением). Привязка биоклиматических или биотермических коэффициентов к календарным декадам здесь явно не подходит.

Ранее было показано, что наибольшая точность достигается при проведении водобалансового расчета с интервалом в одни сутки [3]. Возникает вопрос, а как определять биотермические коэффициенты многолетних трав, если уборка культуры в течение вегетации производится непредсказуемым образом. Для решения указанной проблемы выполнена количественная оценка результатов водобалансовых расчетов с использованием при определении водопотребления трав биотермических коэффициентов, установленных на основе физического принципа. В качестве одного из возможных вариантов связи можем записать уравнение в частных производных, вытекающего из физического принципа баланса причинно-следственных взаимодействий в замкнутой физической системе [4]:

$$\frac{\partial k}{\partial r_i} = \frac{a_i (k - k_{\min})}{(r_{i(\text{fix})} - r_{i(\min)})} \frac{(r_{i(\text{fix})} - r_i)}{(r_{i(\text{fix})} - r_{i(\min)})} = \frac{a_i (k - k_{\min}) (r_{i(\text{fix})} - r_i)}{(r_{i(\text{fix})} - r_{i(\min)})^2}, \quad (1)$$

где  $k$  – биотермический коэффициент;

$k_{\min}$  – минимальное за вегетацию значение биотермического коэффициента;

$r_i$  –  $i$ -я характеристика окружающей среды;

$a_i$  – показатель интенсивности влияния  $i$ -й характеристики окружающей среды на биотермический коэффициент;

$r_{i(\text{fix})}$ ,  $r_{i(\min)}$  – фиксированные значения  $i$ -й характеристики окружающей среды, при которых биотермический коэффициент достигает максимума или минимума, соответственно.

Решением дифференциального уравнения (1) является функция:

$$k = k_{\min} + (k_{\text{fix}} - k_{\min}) \prod_{i=1}^{i=n} \exp \left[ -\frac{a_i}{2} \left( \frac{r_{i(\text{fix})} - r_i}{r_{i(\text{fix})} - r_{i(\min)}} \right)^2 \right], \quad (2)$$

где  $k_{\text{fix}}$  – фиксированное значение максимума биотермического коэффициента;

$n$  – количество учитываемых характеристик окружающей среды.

При выборе в качестве аргумента функции (2) номера расчетных суток, отражающего изменение продолжительности светового дня в процессе вегетации от начала водобалансового расчета, получим

$$k = k_{\min} + (k_{\text{fix}} - k_{\min}) \exp \left[ -\frac{a_T}{2} \left( \frac{T_{\text{fix}} - T}{T_{\text{fix}} - T_{\min}} \right)^2 \right], \quad (3)$$

где  $a_T$  – показатель интенсивности влияния на биотермический коэффициент номера расчетных суток;

$T_{\text{fix}}$ ,  $T_{\min}$  – фиксированные значения номеров расчетных суток от начала водобалансового расчета, при которых биотермический коэффициент достигает максимума или минимума, соответственно;

$T$  – текущий номер расчетных суток от начала водобалансового расчета.

Если в качестве фактора, управляющего водопотреблением многолетних трав, выбрать сумму максимальных (или среднесуточных) тем-

ператур воздуха, накопленных от начала водобалансового расчета, получим похожую формулу

$$k = k_{\min} + (k_{\text{fix}} - k_{\min}) \exp \left[ -\frac{a_t}{2} \left( \frac{t_{\text{fix}} - t}{t_{\text{fix}} - t_{\min}} \right)^2 \right], \quad (4)$$

где  $a_t$  – показатель интенсивности влияния на биотермический коэффициент максимальных (или среднесуточных) температур воздуха, накопленных от начала водобалансового расчета;

$t_{\text{fix}}, t_{\min}$  – фиксированные значения сумм максимальных (или среднесуточных) температур воздуха, накопленных от начала водобалансового расчета, при которых биотермический коэффициент достигает максимума или минимума, соответственно;

$t$  – текущее на расчетную дату значение суммы максимальных (или среднесуточных) температур воздуха, накопленной от начала водобалансового расчета.

Если же в расчете водопотребления учесть оба фактора (номер расчетных суток от начала водобалансового расчета и сумму максимальных (или среднесуточных) температур воздуха, накопленных за этот период), то в наиболее простом случае расчетное уравнение примет вид:

$$k = k_{\min} + (k_{\text{fix}} - k_{\min}) \exp \left\{ -\frac{a}{2} \left[ \left( \frac{T_{\text{fix}} - T}{T_{\text{fix}} - T_{\min}} \right)^2 + \left( \frac{t_{\text{fix}} - t}{t_{\text{fix}} - t_{\min}} \right)^2 \right] \right\}, \quad (5)$$

где  $a$  – обобщенный (при  $a_T = a_t$ ) показатель интенсивности влияния на биотермический коэффициент текущего номера расчетной даты и суммы максимальных (или среднесуточных) температур воздуха, накопленных от начала водобалансового расчета.

Проверка полученных расчетных формул выполнена нами по данным полевых исследований с орошением многолетних трав в 2018–2020 гг. на испытательном комплексе БГСХА «Гушково-1» вблизи д. Гош-Чарный Горецкого района Могилевской области. Опыт заложен в 2017 году. Структура многолетних трав состояла из бобово-злаковой травосмеси. Фон удобрений на всех вариантах опыта составлял  $P_{60}K_{90}$ . Использование травостоев в 2018–2019 гг. трехукосное со скашиванием в фазу цветения бобового элемента и колошения злаковых, а в 2020 году – с имитацией уборки на зеленую массу для откорма крупного рогатого скота при стойловом содержании. Норма высева

была рассчитана по И. В. Ларину. Посев многолетних трав выполнялся в апреле 2017 г. сеялкой СПУ-6 под покров ярового ячменя, уборка которого проведена в конце июля. Поэтому 2017 г. был исключен из анализа, а в расчетах использовались данные 3 лет полной вегетации травостоя (2018–2020).

Дождевание осуществлялось в 2018–2019 гг. с помощью БШДУ Bauer Rainstar T61. Поливы проводились в соответствии с утвержденными стандартами и рекомендациями [2]. С целью изучения влияния диапазона колебаний почвенной влажности на водопотребление многолетних трав первый вариант дождевания (РО-1) допускал кратковременное снижение почвенной влажности в корнеобитаемом слое почвы при вегетации третьего укоса до 0,5 от наименьшей влагоемкости, второй вариант дождевания (РО-2) – до 0,4 от наименьшей влагоемкости при вегетации второго укоса.

Определение сроков начала поливов выполнялось с помощью водобалансовых расчетов, и контролировалось послойным измерением фактических влагозапасов почвы термостатно-весовым способом [5]. Дождевание выполнялось позиционно, по сектору в утренние часы, чтобы уменьшить снос искусственного дождя ветром. Точность выдачи поливной нормы контролировалась осадкомерами.

Водно-физические свойства почвы определялись по стандартным методикам: наименьшая влагоемкость почвы – методом затапливаемых площадок; плотность почвы – методом режущего кольца; плотность твердой фазы – пикнометрическим методом; пористость почвы – расчетным путем; гранулометрический состав – ареометрическим методом.

Пробы почвы на влажность на опытных площадках отбирались по слоям 0–10, 10–20, 20–30, 30–40 см с помощью почвенного бура. Влажность почвы определялась термостатно-весовым способом с использованием технических весов ВК-600 для взвешивания почвенных образцов и сушильного шкафа-термостата для их сушки. Максимальная температура воздуха и атмосферные осадки измерялись ежедневно в 19 часов на метеопосту, расположенном на границе орошаемого участка.

Водобалансовые расчеты проводились с использованием разных методик при суточном расчетном интервале [2]. Полученные результаты сравнивались между собой. В качестве критерия сравнения использовались среднеквадратичные (стандартные) отклонения:

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^z (w - w_{\text{нзм.}})^2}{z - 1}}, \quad (6)$$

где  $\delta$  – стандартное (среднеквадратичное) отклонение вычисленных влагозапасов ( $W$ ) от измеренных в поле ( $W_{\text{изм}}$ ), мм;

$z$  – количество измеренных в поле значений влагозапасов, участвующих в определении стандартного отклонения.

Ранее нами было установлено, что в условиях опыта водобалансовый расчет по среднеукосным биотермическим коэффициентам дал стандартное (среднеквадратичное) отклонение 9,2 мм, а по средневегетационному – 10,8 мм [5]. В таблице же приведены среднеквадратичные отклонения между почвенными влагозапасами, замеренными в поле и вычисленными по декадным биотермическим коэффициентам, установленным по формулам (3)–(5).

**Среднеквадратичные отклонения (мм) между почвенными влагозапасами, замеренными в поле и вычисленными**

Годы	Расчет по среднему за вегетацию биотермическому коэффициенту	Расчет по биотермическим коэффициентам, вычисленным по формулам		
		(3)	(4)	(5)
2018	11,8	10,3	9,6	9,1
2019	11,0	8,9	9,5	9,3
2020	8,7	10,7	8,5	8,6
Среднее	10,8	10,0	9,2	9,0

Как видим, наименьшее среднеквадратичное отклонение (9,0 мм), получено при расчете биотермических коэффициентов по формуле (5). Расчет по формуле (4) дал промежуточный результат (9,2 мм), совпадающий с расчетом водопотребления многолетних трав по среднеукосным биотермическим коэффициентам [5]. При использовании в водобалансовом расчете формулы (3) ошибка составила 10,0 мм, что также существенно меньше, чем при расчете водопотребления многолетних трав по средневегетационному биотермическому коэффициенту [5].

Таким образом, расчет водопотребления многолетних трав при их смешанном использовании (сенокос, пастбище и др.) с применением средневегетационных биотермических коэффициентов дает ошибку существенно большую, чем расчет по биотермическим коэффициентам, найденным по предложенным нами формулам. Наименьшее среднеквадратичное отклонение получено с применением зависимости, учитывающей связь биотермических коэффициентов с номером текущей даты расчета и накопленной за этот период суммой максимальных за сутки температур воздуха. При учете в расчетной формуле только

накопленной к текущей дате расчета суммы максимальных за сутки температур воздуха получена ошибка водобалансового расчета, близкая к расчету водопотребления многолетних трав по среднеукосным биотермическим коэффициентам при укосном использовании травостоя.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Оросительные системы. Правила проектирования: ТКП 45-3.04-178-2009 (02250). – Введ. 29.12.2009 г. № 441. – Минск: Минстройархитектура, 2010. – 74 с.
2. Усовершенствованный алгоритм управления орошением в производственных условиях / А. П. Лихацевич [и др.] // Современные методики, инновации и опыт практического применения: материалы Международной научно-практической конференции (Минск, 19–20 октября 2017 г.) / Национальная академия наук Беларуси, Институт мелиорации; редкол.: Н. К. Вахонин [и др.]. – Минск, 2017. – С. 30–40.
3. Лихацевич, А. П. Оценка влияния продолжительности расчетного интервала на точность водобалансового расчета при неустойчивых погодных условиях / А. П. Лихацевич, И. А. Романов // Мелиорация. – 2017. – № 2. – С. 5–9.
4. Лихацевич, А. П. Использование физического принципа для построения экспериментальных математических моделей исследуемых процессов в мелиоративной науке / А. П. Лихацевич. // Мелиорация и водное хозяйство. – 2021. – № 6. – С. 30–36.
5. Романов, И. А. Влияние способа определения биотермических коэффициентов водопотребления растений на точность расчета водного баланса почвы / И. А. Романов, А. П. Лихацевич, Г. В. Латушкина // Мелиорация. – 2021. – № 1 (95). – С. 5–18.

УДК 637.25(444).02

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОЩАДИ ЛИСТЬЕВ ЛЮЦЕРНЫ ИЗМЕНЧИВОЙ**

**А. В. Цубленок**, мл. науч. сотрудник  
РУП «Институт мелиорации»,  
Минск, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** программное обеспечение, люцерна изменчивая, площадь листьев, чистая продуктивность фотосинтеза

**Аннотация.** При определении площади листьев люцерны изменчивой использовали специальное программное обеспечение. Это позволило упростить расчет чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) растений. Установлено, что ЧПФ культуры на вершине склона была на 33,3 % выше, чем на его середине.

**Keywords:** software, alfalfa alfaling, leaves area, pure productivity of photosynthesis

**Annotation:** When determining the area of the leaves of alfalfa, special software was used changeable. This made it possible to simplify the calculation of pure productivity of photosynthesis (CPF) of plants. It was established that the CPF of culture at the top of the slope was 33,3 % higher than in its middle.

Главной причиной низкой продуктивности животных является недостаточная обеспеченность их полноценными кормами. Из-за дефицита протеина перерасход кормов достигает 2,5 млн. т к. ед., что могло бы обеспечить получение дополнительно 110 тыс. т. говядины и более миллиона тонн молока [1].

В последние годы для покрытия дефицита протеина в республике за валюту закупается 380–420 тыс. тонн белкового сырья (соевый или подсолнечниковый шроты) [2]. Расширение площадей бобовых трав позволит повысить качество кормов, сбалансировав их по сырому протеину. Для этого используются высокобелковые культуры, в том числе люцерна.

Люцерна используется для заготовки сена, сенажа, травяной муки. Химический состав сенажа из люцерны с влажностью 48 % в абсолютно сухом веществе содержит 15,9 % белка, 23,5 % клетчатки, 3,2 % жира, 8,2 % зольных веществ, 49,2 % БЭВ, 2,2 % кальция, 0,3 % фосфора [3].

Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) – показатель, характеризующий количество общей сухой биомассы, образованной растениями в течение суток в расчете на 1 м<sup>2</sup> листьев. Величина этого показателя для различных сельскохозяйственных культур колеблется в пределах 1...20 г/м<sup>2</sup>сут [4].

Целью исследования было изучение фотосинтетической активности люцерны, изменчивой на разных элементах склона, различающихся по гранулометрическому составу и степени увлажнения. Площадь листьев обычно определяется измерением с помощью линейки или миллиметровой бумаги. Измерение L листьев с помощью программы APFill Ink Toner Coverage Meter ускоряет процесс измерения до 1 дня, за счёт чего повышается точность определения ЧПФ.

Полевые исследования проводили на посевах люцерны изменчивой 2 года жизни на участке с крутизной склона 3,0–3,5° (РУП «Институт мелиорации» Ф-л ВОМС). Почва на вершине склона слабосмытая дер-

ново-подзолистая супесчаная почва, на середине склона – осушенная слабосмытая дерново-подзолистая глееватая, легкосуглинистая. Площадь листьев определяли с помощью программы APFill Ink Toner Coverage Meter, полученные результаты использовали для расчёта ЧПФ люцерны. Метод ускоренного определения площади листьев с помощью программы APFill Ink Toner Coverage Meter, позволяет распознать заполнение страницы чернилами и средний цвет по листу до печати на принтере. Программа рассчитывает заполнение листа с точностью до 1 %. Это позволяет определить площадь покрытия страницы формата А4 листьями исследуемой культуры и измерить листовую поверхность. Порядок проведения измерений: на сканер кладется плотная прозрачная пленка, на пленку раскладываются листья исследуемого растения, поверхность которых должна быть предварительно просушена. Листья плотно прижимаются к стеклу экспонирования крышкой сканера и сканируются. Полученный результат сохраняется в виде чёрно-белого изображения. И оно загружается в программу APFill Ink Toner Coverage Meter, а затем запускается расчет заполненной площади. В результате получаем показатель заполнения поверхности листа, выраженный в процентах [5]. Затем рассчитываем площадь сканированных листьев ( $L$ ) по формуле

$$L = I \cdot A, \quad (1)$$

где  $I$  – площадь заполнения листа чернилами, %;

$A$  – площадь А4 ( $297 \times 210$  мм<sup>2</sup>).

Полученные результаты использовали для расчета ЧПФ по формуле:

$$\text{ЧПФ} = \frac{B_1 - B_2}{0,5 \cdot (L_1 + L_2) \cdot n} \text{ г/м}^2 \text{сут}, \quad (2)$$

где  $B_1$  и  $B_2$  – сухая биомасса растений в начале и в конце учетного периода, г;

$B_2 - B_1$  – прирост сухой массы за  $n$  дней, г;

$L_1$  и  $L_2$  – площадь листьев в начале и в конце периода, м<sup>2</sup>;

$n$  – число дней в учетном периоде.

В нашем случае измерения проводили с интервалом 7...10 дней. Массу листьев определяли взвешиванием на торсионных весах ВТ-500. Результаты определения ЧПФ люцерны во 2-м укосе в период 29.06.2021–07.07.2021 приведены в таблице.

### Определение ЧПФ люцерны изменчивой

Элемент склона	Удобрение	L, см <sup>2</sup>		B, г		ЧПФ г/м <sup>2</sup> сут	± изменение ЧПФ	
		L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>		г/м <sup>2</sup> сут	%
Вершина	P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	53	62,1	4,82	5,33	112	–	–
	P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	63,1	65,2	4,88	63	63	49	43,8
	P <sub>60</sub> K <sub>180</sub>	53,4	77,4	6,24	9,5	73	39	34,8
Среднее		56,5	68,2	5,31	7,53	83	44	39,3
Середина	P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	45,6	29,2	3,43	10,94	68	–	–
	P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	59,6	58	5,85	7,65	48	20	29,4
	P <sub>60</sub> K <sub>180</sub>	43,2	40,8	6,89	7,36	35	33	48,5
Среднее		49,5	42,7	5,39	8,65	50	26,5	39,0

Определение площади листьев показало, что в среднем за период определения она увеличилась в 1,2 раза на обоих элементах склона. Установлено, что у люцерны изменчивой 2 года жизни на вершине склона ЧПФ была на 33,3 % выше, чем на середине, что, вероятно, связано с лучшими условиями влагообеспеченности. Внесение удобрений повышало показатель ЧПФ люцерны в среднем на 39,0–39,3 %.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шейко, И. Комплекс мер по интенсификации кормопроизводства и животноводства / И. Шейко // Агрэкономика. – 2005. – № 11. – С. 48–50.
2. Привалов, Ф. Многолетние травы – Основной источник белка / Ф. Привалов, П. Васько // Белорусское сельское хозяйство. – 2019. – № 5. – С. 12–15.
3. Сельское хозяйство. Растениеводство [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://universityagro.ru>. – Дата доступа: 05.04.2020.

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОДСЕВА КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО В ДЕРНИНУ РАЗЛИЧНЫХ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ**

**Ю. В. Алехина**, канд. с.-х. наук, доцент

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** клевер луговой, подсев в дернину, всхожесть посевов

**Аннотация.** Данная статья посвящена изучению эффективности подсева клевера лугового в дернину в зависимости от предшественника. Изучено влияние предшественника на полевую всхожесть клевера лугового и его урожайность. Проанализировано влияние предшественника на поражение корневой системы клевера лугового гнилями.

**Keywords:** red clover, hooking in turf, germination of crops

**Annotation.** This article is devoted to the study of the effectiveness of the meal of the meadow in dermina, depending on the predecessor. The influence of the predecessor on the field germination of the clover and its yield has been studied. The influence of the predecessor on the defeat of the root system of clover with a meadow rot is analyzed.

Проведенные многолетние исследования позволяют с уверенностью утверждать, что для поверхностного улучшения луговых угодий сенокосного и пастбищного использования весьма эффективна технология подсева в дернину многолетних бобовых трав. Она позволяет при минимальных затратах энергии и трудовых ресурсов повышать урожайность, выход обменной энергии и переваримого протеина в 1,5–2,5 раза [1].

Долголетие и продуктивность созданных травостоев зависит от продолжительности жизни бобового компонента, которая сильно ограничена из-за поражения его грибковыми заболеваниями, главную опасность среди которых представляет корневая гниль. Распространение и вредоносность корневой гнили зависит от условий, в которые попадает подсеваемый бобовый вид. Путем проведения соответствующих защитных мероприятий по созданию благоприятных условий для роста подсеянного вида можно снизить отрицательное действие патогенна и тем самым увеличить продуктивное долголетие травостоя [3].

Одной из главных причин, способствующих развитию корневых гнилей, является так называемое «почвоутомление». Этот процесс проявляется в результате увеличения содержания в почве токсических веществ, выделяемых микроорганизмами, корнями самого растения или разлагающимися растительными остатками, накоплением патогенных возбудителей болезней и вредителей. Основным из агротехнических приемов является севооборот. По данным ряда исследователей клевера, люцерну следует возвращать на одно и то же место не ранее, чем через 4–5 лет [4].

По данным Е. Е. Проворной при создании бобово-злаковых травостоев был установлен положительный эффект от смены предшествующей бобовой культуры [5].

Нами ранее было установлено, что при подсеве в дернину, где ранее произрастали клевера и люцерны, лядвенец рогатый менее других бобовых поражается корневыми гнилями и практически не снижает своей продуктивности [2].

Опыт по изучению эффективности подсева клевера лугового в дернину различной патогенности был заложен в 2004 году. В качестве провокационного фона был использован участок, где ранее проводился подсев бобовых видов в дернину различных злаков. Заложенный ранее на территории опытного поля Белорусской ГСХА «Тушково» опыт имел следующую схему: *дернинообразующий знак* 1) ежа сборная, 2) тимopheевка луговая; *вид бобовых трав* 1) клевер луговой, 2) клевер ползучий, 3) лядвенец рогатый, 4) люцерна посевная. В качестве контроля выступал травостой исходных злаков с подкормкой  $P_{60}K_{90}$ . Повторность опыта 4-кратная, площадь учетной делянки  $36 \text{ м}^2$ , размещение делянок сплошное систематическое.

По представленной схеме старого опыта был подсеян в дернину клевер луговой сорта Цудоўны фрезерной травяной сеялкой.

В задачу наших исследований входило: выявить влияние предшествующих травосмесей на урожайность и поражение гнилями корней подсеянного в дернину клевера лугового.

Участок после 9 лет, прошедших со времени залужения злаками, был сильно засорен одуванчиком лекарственным. Поэтому уже весной (в середине мая) была проведена обработка луга раундапом, что вызвало полное уничтожение имевшейся растительности. Летний подсев осуществили предварительно протравленными семенами с обработкой их молибденом. Норма высева – 5 кг/га в расчете на 100 % посевную годность.

Прошедшие вскоре дожди благоприятствовали появлению дружных всходов. Проведенный через 30 дней после подсева учет полевой всхожести показал, что влияние дернинообразующего злака было незначительным (табл. 1). Бобовый предшественник оказал заметное влияние на полевую всхожесть клевера лугового, где, очевидно, проявилась патогенность дернины. Следует отметить, что подсев клевера по лядвенцу рогатому дал лучшие результаты (55,3–57,5 %), примерно на одном уровне с контрольным вариантом (55,0–52,5 %). Самый низкий результат получен при подсеве клевера по клеверу луговому (51,6–49,7 %). Но в целом общий уровень полевой всхожести был достаточно высоким.

Таблица 1. Полевая всхожесть (ПВ) и общая выживаемость (ОВ) клевера лугового в зависимости от предшественника, (в %)

Бобовый предшественник	Дернинообразующий злак			
	ежа сборная		тимopheевка луговая	
	ПВ	ОВ	ПВ	ОВ
Контроль (P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> )	55,0	43,4	52,5	45,3
Клевер луговой	51,6	40,6	49,7	40,0
Клевер ползучий	52,2	44,4	52,5	42,5
Ляденец рогатый	55,3	45,3	57,5	49,1
Люцерна посевная	52,6	42,5	51,9	44,1

Перед зимовкой было оценено качество подсева по общей выживаемости растений клевера. Было установлено, что, подсев по лядвенцу рогатому был наиболее эффективным: от высеванных всхожих семян к осени сохранилось в травостоев 45,3–46,5 % растений. На других фонах результат был хуже, и особенно низкой была выживаемость на фоне клевера лугового (40,0–40,6 %). На злаковом фоне выживаемость изменялась незначительно (43,4–45,3 %), что мы объясняем массовым внедрением в эти травостои одуванчика лекарственного, обладающего способностью аккумулировать фузариозную инфекцию и создавать инфекционный фон. На общую выживаемость подсеянных растений не оказал существенного влияния злаковый компонент, сформировавший дернину. Выживаемость растений клевера на всех изучаемых фонах варьировала, но выявить некую закономерность не удалось. Нужно отметить, что к осени растения клевера лугового сформировали розетку и были достаточно развитыми для перезимовки. В год использования скашивания клеверных травостоев проводили дважды. Учет урожайности выполнялся сплошным методом. Перед каждым укосом проводили учет поражения клевера корневыми гнилями.

Анализ полученных данных показал (табл. 2), что самый высокий уровень урожайности дали посевы клевера по дернине, в которой ранее присутствовал лядвенец рогатый (7,29–7,31 т/га сухой массы) Посевы по другим бобовым предшественникам отличались незначительно, но имели некоторую тенденцию к увеличению по отношению к клеверу луговому. Урожайность клевера на злаковом фоне приближалась к уровню лучшего варианта.

Таблица 2. Урожайность травостоев клевера лугового в зависимости от предшественника (т/га сухой массы)

Бобовый предшественник	Дернинообразующий злак	
	Ежа сборная	Тимофеевка луговая
Контроль (Р <sub>60</sub> К <sub>90</sub> )	7,03	7,16
Клевер луговой	6,54	6,37
Клевер ползучий	6,72	6,42
Лядвенец рогатый	7,29	7,31
Люцерна посевная	6,66	6,59
НСР <sub>05</sub>		0,23
НСР <sub>05</sub> А (бобовый предшественник)		0,16
НСР <sub>05</sub> В (злаковый компонент)		0,18

Здесь следует отметить, что созданные подсевом клевера лугового травостои не были чисто бобовыми. По нашим наблюдениям произошло некоторое отрастание злаков, формировавших ранее дернину. Часть из них появилась из семян почвенного банка. Травостои следует называть по ботаническому составу как злаково-бобовые. Особенно активно прошло восстановление в травостое ежи сборной. Учет пораженности клевера лугового корневыми гнилями показал, что снижение урожайности травостоев по патогенным предшественникам объясняется снижением их продуктивности по причине заболевания растений (табл. 3). Наиболее пораженными оказались растения клевера лугового, подсеянные по аналогичному предшественнику. При этом уровень поражения корней превышал лучший вариант (по лядвенцу) более чем в два раза.

Таблица 3. Пораженность клевера лугового корневыми гнилями в зависимости от предшественника в среднем за 2 учета (в %)

Бобовый предшественник	Дернинообразующий злак	
	Ежа сборная	Тимофеевка луговая
Контроль (Р <sub>60</sub> К <sub>90</sub> )	24,3	21,2
Клевер луговой	47,9	48,5
Клевер ползучий	35,6	33,8
Лядвенец рогатый	19,2	21,1
Люцерна посевная	33,3	35,4

Полученные нами данные позволяют с уверенностью сказать, что правильный выбор предшественника позволяет без дополнительных затрат достоверно повысить урожайность клевера лугового, подсеянного в дернину, за счет повышения полевой всхожести, выживаемости растений и снижения их пораженности корневыми гнилями. Лучшим бобовым предшественником может служить лядвенец рогатый.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алехина, Ю. В. Улучшение сенокосов и пастбищ подсевом в дернину многолетних бобовых трав / Ю. В. Алехина. – Горки, 1997. – 28 с.
2. Повышение устойчивости многолетних бобовых трав к корневым гнилям и урожайности травостоев при подсеве в дернину сеяного сенокоса / В. Г. Стрелков [и др.] // Весті ААН РБ. – 1999. – № 4. – С. 48–51.
3. Вавилов, П. П. Бобовые: Азот и проблема белка / П. П. Вавилов, Г. С. Посыпанов // Вестн. с.-х. науки. – 1978. – № 9. – С. 44–56.
4. Дорожкин, Н. А. Патогенные грибы на бобовых травах в Белоруссии / Н. А. Дорожкин, В. И. Натиевская. – Минск: Навука і тэхніка, 1990. – 112 с.
5. Проворная, Е. Е. Влияние предшественников и фунгицидов на продуктивность культурных бобово-злаковых пастбищ в Центральном районе Нечерноземной зоны / Е. Е. Проворная // Тез. докл. Всесоюзн. науч. конф. молодых ученых и аспирантов по актуальным проблемам интенсификации кормопроизводства (июнь 1991 г.). – М., 1991. – С. 142–143.

УДК 633.491:631.559

### **ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОТОКА ВОДЫ И ПОДАЧА ЗАДАНЫХ РАСХОДОВ НА ОТКРЫТЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛАХ**

**Н. В. Кузнецова**, д-р с.-х. наук, профессор

**Ю. В. Кузнецов**, д-р с.-х. наук, профессор

**Р. А. Чечко**, канд. с.-х. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет»,  
г. Волгоград, Россия

**Ключевые слова:** производство картофеля, малоинтенсивное дождевание картофеля.

**Аннотация.** Производство картофеля является одним из приоритетных направлений развития агробизнеса в России. Использование мало-интенсивного дождевания при оптимизации способа посадки и схемы размещения зон контроля влажности почвы обеспечивает

возможность получения свыше 50 т/га клубней картофеля в ранние сроки.

**Keywords:** potato production, poor -intensity sprinkling of potatoes.

**Annotation.** Potato production is one of the priority areas for the development of agribusiness in Russia. The use of unimportant sprinkling when optimizing the method of landing and the layout of the soil humidity zones provides the ability to obtain more than 50 t/ha of potato tubers in the early stages.

Производство картофеля является одним из приоритетных направлений развития агробизнеса в России, в том числе в регионе Нижней Волги. Дефицит естественной влагообеспеченности территории Нижнего Поволжья определяет безусловную необходимость орошения посадок картофеля в течение всего вегетационного периода [1, 2]. Высокая ресурсоемкость оросительных мелиораций определяет особые требования к эффективности возделывания картофеля, делая нерентабельными проекты с урожайностью ниже 25 т/га. Перспективной технологией орошения картофеля, внедряемой в передовых фермерских хозяйствах региона, является малоинтенсивное дождевание, которое сочетает в себе возможность, с одной стороны, совокупного управления водным режимом почвы и влажностью воздуха, а с другой – возможность гибкого регулирования поливной нормы и сроков полива в соответствии с требованиями современных моделей орошения [3, 4]. Для региона это новая технология полива, поэтому эффективные способы посадки картофеля при малоинтенсивном дождевании до сих пор не нашли научного обоснования.

Цель исследований состоит в повышении эффективности возделывания картофеля в зоне сухих степей Нижнего Поволжья за счет обоснования способа посадки клубней при малоинтенсивном дождевании, обеспечивающего возможность получения до 50 т/га стандартной продукции в ранние сроки. Схема опыта следующая: вариант А1 – посадка в гребень через 0,7 м (контроль); А2 – посадка ленточным способом (по технологии сдвоенного рядка) с расстоянием между рядками в ленте 0,5 м и междурядьем 0,7 м; А3 – посадка ленточным способом (по технологии сдвоенного рядка) с расстоянием между рядками в ленте 0,5 м и междурядьем 0,9 м; А4 – посадка ленточным способом (по технологии сдвоенного рядка) с расстоянием между рядками в ленте 0,5 м и междурядьем 1,1 м. В варианте В – контроля предполивной влажности почвы при разных способах посадки: В1 – устройство

постоянных водобалансовых площадок по смешанному типу, в междурядьях и в зоне размещения растений (контроль); В2 – устройство постоянных водобалансовых площадок в междурядьях; В3 – устройство постоянных водобалансовых площадок в зоне размещения растений.

Исследования проводились с районированным сортом раннего срока созревания Импала на базе КФХ «Садко» Дубовского района Волгоградской области. Порог предполивной влажности почвы поддерживали в слое 0,5 м на уровне 70 % НВ до начала фазы бутонизации и на уровне 80 % НВ – в последующие периоды, до начала фазы отмирания ботвы.

Анализ опытных данных показал высокую эффективность малоинтенсивного дождевания картофеля и возможность получения свыше 50 т/га ранней продукции (таблица). Урожайность картофеля на контроле составила в среднем 40,1 т/га. В целом, это высокий уровень продуктивности для орошаемых сортов раннего картофеля, для получения которого необходимо строгое соблюдение регламентов зональных агротехнологий [5]. Исследования показали, что при посадке картофеля в гребень (с нарезкой гребней через 0,7 м) не имеет значения место контроля предполивной влажности почвы. Урожайность картофеля при этом независимо от того, где контролировали предполивную влажность почвы, находилась в пределах 40,1–40,2 т/га. Установлено, что продуктивность картофеля при посадке в гребень через 0,7 м и в двоянный рядок по формуле  $0,5 \times 0,7$  м также не имеет статистически значимых различий. И в том и в другом случае урожайность картофеля в большей мере изменялась по годам исследований, от 36,9 до 44,4 т/га, а различия в парных внутрифакторных сравнениях не превышали 0,8–1,0 т/га (при НСРоз = 1,68–1,94 т/га). Переход к способу посадки картофеля в двоянный рядок по формуле  $0,5 \times 0,9$  м сопровождался существенным увеличением выхода стандартных клубней. Например, на участках, где контроль предполивной влажности почвы осуществляли по смешанному типу (и в рядке, и в междурядье), урожайность картофеля увеличилась в среднем до 46,7 т/га с вариациями по годам исследований от 43,7 до 50,1 т/га.

Однако при организации контроля предполивной влажности почвы в междурядье эффект от перехода на новый способ посадки картофеля нивелировался, а урожайность не превышала 41,7 т/га. И если в первом случае прибавка урожая по отношению к контролю достигала 6,6 т/га, или 16,5 %, то во втором снизилась до 1,6 т/га, что сравнимо со статистической ошибкой опыта. Наибольшая прибавка урожая картофеля по

отношению к контролю была получена на участках, где посадку проводили в двоянный рядок по формуле 0,5×0,9 м, а мониторинг критического уровня почвенных влагозапасов осуществляли по данным инструментального контроля в зоне размещения растений. Урожайность картофеля на участках этого варианта составила в среднем 53,1 т/га, что на 13,0 т/га больше, чем контролю. Прибавка урожайности картофеля по фактору А (способ посадки) на участках этого варианта достигала 12,9 т/га, или 32,1 %, а по фактору В (вариант контроля влажности почвы) – составила 6,8, или 17,7 %. Все прибавки урожая, полученные на этом варианте, лежат далеко за пределами наименьшей существенной разницы для 5%-ного уровня значимости.

#### Урожайность раннего картофеля при спринклерном орошении

Способ посадки	Вариант контроля влажности почвы	Урожайность, т/га			
		2012 г.	2013 г.	2014 г.	Средняя
Контроль (посадка в гребень через 0,7 м)	В1	36,5	41,0	42,9	40,1
	В2	36,4	41,1	42,9	40,1
	В3	36,6	41,1	43,0	40,2
Посадка в двоянный рядок по формуле 0,5×0,7 м	В1	37,0	41,8	44,4	41,1
	В2	36,9	41,7	44,5	41,0
	В3	36,9	41,8	44,4	41,0
Посадка в двоянный рядок по формуле 0,5×0,9 м	В1	43,7	46,2	50,1	46,7
	В2	38,0	41,2	45,9	41,7
	В3	49,7	53,4	56,2	53,1
Посадка в двоянный рядок по формуле 0,5×1,1 м	В1	36,2	38,5	40,8	38,5
	В2	30,3	34,1	36,8	33,7
	В3	42,9	45,2	47,7	45,3
НСР <sub>05</sub> , т/га	Фактор А	1,85	1,94	1,68	
	Фактор В	1,61	1,68	1,46	
	АВ	3,21	3,36	2,91	

Установлено, что такая закономерность изменения эффекта в результате перехода от способа посадки клубней в гребень через 0,7 м к способу посадки в двоянный рядок по формуле 0,5×0,9 м связана с особенностями формирования водного режима почвы и существенной дифференциацией его динамики в рядке и междурядье.

Почва в рядках при использовании ленточного способа посадки клубней по формуле 0,5×0,9 м иссушается быстрее, чем в междурядьях. Это приводит к тому, что даже при контроле влажности почвы по смешанному типу, по средней пробе из рядка и междурядий, предпо-

ливное содержание почвенной влаги в зоне размещения растений к концу сезона снижается до 76 % НВ.

В вариантах, где контроль влажности почвы осуществляли в междурядьях, предполивное содержание почвенной влаги в зоне размещения растений к концу сезона снижалось до 71 % НВ при оптимально установленном диапазоне регулирования водного режима почвы от 80 до 100 % НВ. Получается, что контроль предполивной влажности почвы в междурядьях, или по смешанному типу, не позволяет выдержать заданный предполивной порог в зоне размещения растений картофеля, что существенно снижает урожайность и нивелирует положительный эффект от перехода со способа посадки в гребень через 0,7 м к способу посадки в двоярный рядок по формуле  $0,5 \times 0,9$  м.

Таким образом, использование малоинтенсивного дождевания при оптимизации способа посадки и схемы размещения зон контроля влажности почвы обеспечивает возможность получения свыше 50 т/га клубней картофеля в ранние сроки. Наибольшая урожайность картофеля, 53,1 т/га, обеспечивается при использовании способа посадки клубней в двоярный рядок по формуле  $0,5 \times 0,9$  м и организации контроля влажности почвы в зоне размещения растений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Особенности производства картофеля в условиях Нижнего Поволжья / И. П. Кружилин [и др.] // Видовое разнообразие и динамика развития природных и производственных комплексов Нижней Волги. – М.: ПНИИАЗ, 2003. – Т. 1. – С. 329–341.
2. Оценка технологического процесса возделывания картофеля при капельном орошении аридной зоны / В. А. Шляхов [и др.] // Аграрный вестник Урала. – 2008. – № 12. – С. 55–57.
3. Бородычев, В. В. Алгоритм решения задач управления водным режимом почвы при орошении сельскохозяйственных культур / В. В. Бородычев, М. Н. Лытов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2015. – № 1. – С. 8–11.
4. Особенности водного режима почвы при капельном орошении сельскохозяйственных культур / Н. Н. Дубенок [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 4. – С. 22–24.
5. Мелихов, В. В. Оптимальный режим капельного орошения и минерального питания раннего картофеля / В. В. Мелихов, А. А. Новиков // Картофель и овощи. – 2011. – № 8. – С. 16–17.

**ТЕХНОЛОГИЯ СОСТАВЛЕНИЯ ПЛАНА ВЕРТИКАЛЬНОЙ  
ПЛАНИРОВКИ В ПРОГРАММНОМ МОДУЛЕ GEONICS  
ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПЛОЩАДКИ ДЛЯ СТОЯНКИ  
ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ В д. ЧИМИМРИН**

**Е. В. Шабрина**, ст. преподаватель

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** вертикальная планировка, рельеф, метод отметок, программный модуль GeoniCS.

**Аннотация.** В данной статье рассматривается технология проведения геодезических работ при составлении плана вертикальной планировки в программном модуле GeoniCS на примере строительства площадки для стоянки грузовых автомобилей в д. Чимимрин.

**Keywords:** vertical layout, relief, marks method, GEONICS software module.

**Annotation.** This article discusses the technology of geodetic work when drawing up a vertical layout plan in the Geonics software module on the example of the construction of a parking lot for trucks in the village of Chimimin.

Актуальность. Рельеф является одной из важнейших характеристик и первоосновой для проведения строительных работ. Естественный рельеф при строительстве обычно преобразуется путем выполнения земляных работ по специальному проекту вертикальной планировки - обязательного и одного из важнейших мероприятий по инженерной подготовке и благоустройству территорий. Основной целью вертикальной планировки является создание спланированных поверхностей, удовлетворяющих требованиям застройки и инженерного благоустройства территории.

Методика и содержание исследования. Проектный рельеф может быть задан различными методами [1]. В данном случае рассмотрим метод отметок.

Строительная площадка должна представлять собой горизонтальную поверхность, проектирование которой производится с соблюдением условия нулевого баланса земляных работ.

При вертикальной планировке в качестве исходной информации по объекту строительства был использован чертеж с топографическим планом, состоящим из набора примитивов AutoCAD. По данным топоплана в полуавтоматическом режиме были восстановлены отметки, а там, где это оказалось необходимым, тексты подписей, перенесенные в оформительских целях, были снова перемещены к съемочным точкам.

Схема вертикальной планировки площадки разрабатывалась с привязкой к внутриплощадочным проездам. Сначала были построены черные продольные профили по осям этих проездов. Проектная линия продольных профилей определялась исходя из минимальных объемов земляных работ и имеет пилообразный вид.

Рассмотрим поэтапно составление плана вертикальной планировки объекта в программном модуле GeoniCS.

В первую очередь необходимо установить первичные настройки.

Для этого заходим в меню Вертикальная -> Установки вертикальной планировки.

На вкладке «Общие» выставим поверхности, в таком порядке, как показано на рис. 1 (сверху – красная, снизу – черная поверхности). Это понадобится при расстановке в плане опорных точек. Затем делаем активной вкладку «Опорные точки» все в тех же установках, и проставляем там отметки: в месте *Текущая черная* и *Разрешить редактирование черной отметки*. Высота текста от 2,5 до 3 мм.

Опорные точки должны принадлежать красной поверхности, как и геоточки черной поверхности, для обеспечения возможности в будущем ее построения, как и в случае с геоточками.

Для этого текущей поверхностью установим – красную.

Опорная точка представляет собой двухэтажную отметку, где в числителе – проектная красная отметка, а в знаменателе существующая черная отметка, эти отметки проставляются в следующих местах: углы зданий, переломы трасс дорог, в углах ограждения территории, ступени, площадки, поверхность низа или верха бордюрных камней, подпорных стенок, лотков, канав и т. п. [2].

Опорные точки следует начинать проставлять с места, красная отметка которой совпадает с черной или точно известна по исходным данным. Для этого переходим в меню Вертикальная -> Опорные точки -> Задать точку планировки. Кликаем правой кнопкой и выпадет контекстное меню.

Выбираем пункт *Уклоноуказатель*, появится подсказка *Укажите базовую опорную точку*, кликаем по опорной точке проставленной на

дороге, а затем указываем место там, где нужно проставить следующую опорную точку.

В колонке *Базовая точка* показаны отметки начальной точки, от которой начинаем просчет вертикальной планировки.

Затем в строке *Уклон* проставляем 5 (для повышения) или -5 (для понижения), а единицы оставляем по умолчанию: промилле. И уже в колонке *Новая точка* просчитается новая красная отметка исходя из уклона в 5 промилле. Черная просчитается по факту – её не меняем.

Галочку в строке *Вставлять примитив уклоноуказателя в чертеж* оставляем активной -> *Да*. Проставляя последующие точки от предыдущих в углах поворотов проездов, получим следующую ситуацию, как показано на рис. 1.

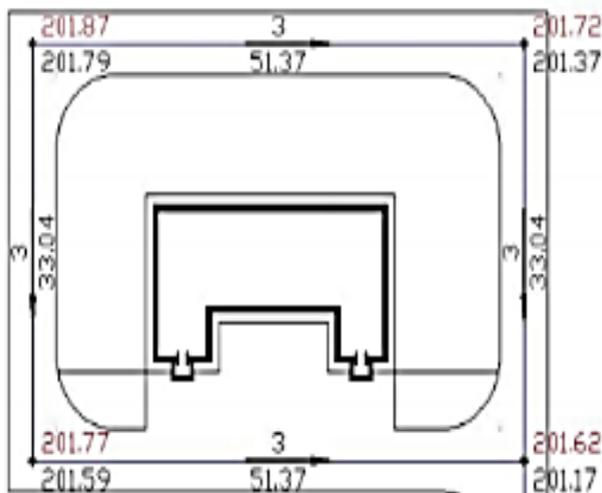


Рис. 1. Опорные точки на проездах

Красную отметку новой точки можно менять самостоятельно непосредственно в строке или же менять рабочую отметки насыпи или выемки.

Для удаление опорных точек пользуемся командой *Быстрое удаление* из меню *Вертикальная* -> *Опорные точки*.

Для построения красных горизонталей используем меню *Вертикальная* -> *Красные горизонтали* -> *Расчет красных горизонталей*. В выподящем окне устанавливаем необходимые параметры и нажимаем *Да*. Красные горизонтали построены.



## ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВАНИИ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

**Ю. Н. Дуброва**, канд. с.-х. наук, доцент  
**К. С. Чернова, Ю. В. Павлович**, студенты

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** мелиорированные земли; дистанционное зондирование; деградация земель; точное земледелие, мониторинг, беспилотный летательный аппарат.

**Аннотация.** Мониторинг состояния мелиорированных земель с помощью дистанционных технологий позволяет получать актуальную информацию о состоянии агроэкосистемы. По результатам мониторинга устанавливается целесообразность проведения мероприятий по восстановлению мелиорированных сельскохозяйственных земель.

**Keywords:** reclaimed lands; remote sensing; land degradation; Accurate agriculture, monitoring, unmanned aerial vehicle.

**Annotation.** Monitoring of the state of lemon balm land using distance technologies allows you to receive relevant information about the state of the agroecosystem. Based on the results of monitoring, the feasibility of measures for the restoration of leaked agricultural lands is established.

Тренды динамики земель Беларуси за последние десятилетия совпадают с общеевропейскими, в том числе восточноевропейскими, и характеризуются приростом лесов и убылью сельскохозяйственных земель. Вместе с тем прослеживаются и типично европейские тренды деградации земель: продолжается снижение доли мелиорированных земель на торфяно-болотных почвах, незначительно сокращаются площади эродированных земель.

Основными направлениями современной динамики структуры земель являются: увеличение лесистости (4 %, или 200 тыс. га с 1975 по 2017 г.), уменьшение доли лугов (14 %, или 660 тыс. га), вовлечение в сельскохозяйственный оборот ранее менее освоенных ландшафтов. При общем увеличении площадей пашни наблюдается усиление сельскохозяйственной освоенности и ранее сильно распаханых ландшаф-

тов: 70 % прироста пришлось на пахотные, лугово-пахотные, пахотно-лесные переходные к лесополевым и пахотно-луговые переходные к лугово-пахотным ландшафты – и включение в этот процесс соседних с ними до этого менее освоенных ландшафтов: речных долин, аллювиальных террасированных, озёрно-ледниковых и водно-ледниковых. Прирост пашни практически полностью осуществлялся за счёт луговых земель. Рост площадей луговых земель наблюдается только в болотно-лесных ландшафтах. Прирост лесных земель и земель под ДКР отмечается повсеместно за счёт бывших сельскохозяйственных угодий, за исключением пахотных ландшафтов.

В числе мероприятий по предотвращению деградации и восстановлению деградированных мелиорированных сельскохозяйственных земель, в зависимости от вида деградации осуществляются организационные мероприятия, предусматривающие проведение полевых исследований и лабораторных испытаний. Эти мероприятия проводятся с целью выбора мероприятий по предотвращению деградации и восстановлению мелиорированных земель, разработке проекта реконструкции мелиоративной системы или отдельно расположенного гидротехнического сооружения. В качестве исходных данных для проведения полевых исследований для подготовки обоснования рекомендуется использовать сведения о мелиоративной системе и землях на ней, а также данные дистанционного зондирования [1].

Применение автоматизированных метеорологических измерений, анализаторов качества стоков воды с полей, измерение уровня грунтовых вод, использование георадаров и других средств измерений в режиме контроля и фиксации географических координат места проведения исследований, позволяет повысить производительность труда и получить более достоверные показатели обследования. Обследование осушенных мелиорированных земель по действующим методикам позволяет определить только локальные неисправности мелиоративной системы. Более точно определить участок, где вышла из строя мелиоративная система возможно только дистанционно, по снимкам, показывающим всю мелиоративную систему, включая водоприемник, транспортирующие каналы и другие гидротехнические сооружения. Обследование мелиоративных систем дистанционными способами, позволяет сократить время и ручной труд инженеров-гидротехников, получать более достоверные данные и составлять дефектные ведомости для ремонта объектов мелиорации. Организации обслуживающие мелиоративные системы, или собственники таких систем часто сталкиваются с необходимостью актуализации дан-

ных или с их отсутствием, а при обнаружении аварийной или чрезвычайной ситуации – с невозможностью точного и оперативного анализа причинно-следственных связей [2].

Анализ эксплуатационных показателей мелиоративных объектов требует регулярной их актуализации, которая на практике часто встречает трудности. Решение проблемы возможно с помощью разработки цифровых информационных моделей мелиоративных объектов на эксплуатационном этапе их жизненного цикла. Для этого необходим сбор и анализ больших данных, который возможен, в том числе с использованием современных технологий, описанных выше. В результате отсутствия данных о текущих характеристиках технического и экологического состояния этих объектов снижается эффективность мелиоративных мероприятий [3].

Анализ состояния мелиоративного объекта предполагает использование результатов аэрокосмических наблюдений, полученных способом спутниковой съемки или с помощью беспилотных летательных аппаратов. Получение необходимые данные, например, спутниковые снимки в различных спектральных каналах, данные фотограмметрической съемки, полученные с помощью беспилотного летательного аппарата снимки, облако точек для цифрового моделирования сооружений и др., используются для построения цифровых моделей местности.

При необходимости дополнительно получают различные тематические данные, например, с помощью различных спектральных индексов, подобных NDVI, NDMI и др., описанных выше. Подготовка заключения по результатам обследования предполагает интерпретацию полученных данных и их анализ, для оценки технического, экологического или мелиоративного состояния объекта, в зависимости от целей и задач [4].

Изучение в динамике состояния мелиоративных систем с помощью дистанционных технологий позволит получать актуальную информацию о состоянии мелиоративной системы в целом, анализировать изменение этого состояния, выявлять возможные риски развития неблагоприятных ситуаций, выработать технологических решений по управлению производством сельскохозяйственных культур на мелиорируемых землях.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Курьянович, М. Ф. Использование материалов дистанционного зондирования при изучении почвенного покрова мелиорированных земель / М. Ф. Курьянович // Мелиорация. – 2014. – № 1 (71). – С. 53–58.
2. Петрушин, А. Ф. Оценка состояния дренажных систем сельскохозяйственного поля с помощью данных дистанционного зондирования / А. Ф. Петрушин,

Е. П. Митрофанов // Вестн. российской сельскохозяйственной науки. – 2017. – № 4. – С. 17–20.

3. Шаяхметов, М. Р. Изучение почвенного покрова лесостепной зоны Западной Сибири на основе дистанционного зондирования земли: автореф. дис. ...канд. биол. наук / М. Р. Шаяхметов. – Омск, 2015. – С. 19.

4. Дуброва, Ю. Н. Геоморфометрический анализ рельефа территории Горещкого района с использованием данных дистанционного зондирования / Ю. Н. Дуброва, Т. Н. Мысльва, Т. Н. Ткачёва // Вестн. Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 1. – С. 209–216.

УДК 69.059

## **КОНКУРЕНТНАЯ СРЕДА В СФЕРЕ ОКАЗАНИЯ УСЛУГ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В БЕЛАРУСИ**

**О. В. Другомилова**, ст. преподаватель

**Р. А. Другомилов**, канд. архитектуры, доцент

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** жилое здание, техническая эксплуатация, жилищно-коммунальное хозяйство

**Аннотация.** В статье рассмотрено состояние сферы жилищного строительства в Республике Беларусь. Дана характеристика организаций, занимающихся технической эксплуатацией жилых зданий на территории Беларуси. Рассмотрены перспективы развития жилищно-коммунального хозяйства в условиях конкурентной среды в сфере оказания соответствующих услуг.

**Key words:** residential building, technical operation, housing and communal services

**Annotation.** The article considers the state of the field of housing in the Republic of Belarus. The characteristic of organizations engaged in the technical operation of residential buildings in Belarus is given. The prospects for the development of housing and communal services in a competitive environment in the field of providing relevant services are considered.

Жилищное строительство – одно из ведущих направлений социально-экономического развития Республики Беларусь, ориентированное на повышение жизненного уровня населения. Основная цель жилищной поли-

тики в Беларуси – обеспечение граждан качественным и комфортным жильем с учетом их индивидуальных предпочтений и финансовых возможностей. Ежегодно в обеспечении населения Республики Беларусь жильем наблюдается положительная динамика. Так, на 2022 год, согласно государственной программе «Строительство жилья» на 2021–2025 годы, утверждены масштабные объемы строительства – 4,2 млн. км<sup>2</sup> общей жилищной площади [1]. Беларусь является одним из лидеров по данному показателю среди стран бывшего СССР. Политика жилищного строительства в Беларуси направлена не только на строительство нового жилья, но и на обслуживание и восстановление огромного комплекса уже существующих объектов. На сегодняшний день большинство зданий, построенных даже в 1990-х годах, уже не отвечает современным требованиям проектирования. Поэтому государством наряду со строительством нового жилья ежегодно увеличиваются и объемы жилья, требующего проведения капитального ремонта, модернизации и реконструкции.

Жилые здания в процессе эксплуатации подвергаются отрицательному воздействию не только от влияния внешней окружающей среды, но и от деятельности самого человека. Интересным является и тот факт, что новое построенное здание уже может иметь износ. Это связано с устареванием технологий строительства, проектных решений и изменением технических норм. Начав свой жизненный цикл с акта ввода объекта в эксплуатацию, каждое здание становится объектом служб технической эксплуатации зданий и сооружений, т. е. служб, обеспечивающих использование здания по назначению при систематическом осуществлении комплекса организационно-технических мероприятий по контролю технического состояния элементов здания и соблюдению правил эксплуатации объекта путем проведения технических осмотров и обследований, по содержанию здания, техническому его обслуживанию и ремонту [2]. В Республике Беларусь технической эксплуатацией жилых зданий занимаются в основном государственные структуры, а именно – жилищно-коммунальные хозяйства. Однако, в последнее время появляется все больше конкурентов для жилищно-коммунальных служб в сфере предоставления услуг по технической эксплуатации зданий. Это особенно характерно для столицы и областных центров. Так, например, в г. Минске услуги по технической эксплуатации предоставляют такие организации, как УП «Комфорт в кубе», ООО «Астокмфорт», ЧУП «Городничий» и др. Данные организация не только оказывают услуги в сфере обслуживания жилых и нежилых зданий, но и являются крупными застройщиками.

Компания ООО «Астокомфорт» существует более 15 лет на рынке недвижимости Республики Беларусь, зарекомендовав себя созданием за этот период большого количества масштабных уникальных и неповторимых объектов: «Пирс», «Новая Боровая», «Зеленая гавань», «Зеленые горки», «Зеленый Бор», крупные торговые комплексы «Боро», «ALL», «ALL House», сеть автозаправочных станций «А-100», бизнес-центр «А-100», складские комплексы, а также объекты социальной инфраструктуры. Руководство компании успешно внедряет зарубежный опыт управления объектами недвижимости (девелопмент) на территории нашей страны. Таким образом, деятельность ООО «Астокомфорт» включает весь спектр работ по созданию и эксплуатации объектов недвижимости – от разработки идеи и строительства объекта до его реализации и технической эксплуатации.

УП «Комфорт в кубе» с 2013 года наравне с ООО «Астокомфорт» является лидером по оказанию услуг технического обслуживания зданий. Компания стремится внедрять на территории страны передовой международный опыт лучших управленческих компаний в сфере технической эксплуатации объектов недвижимости в сочетании с возможностями новейших технологий. ЧУП «Городничий» работает с 2013 года и также зарекомендовало себя в сфере охраны труда, пожарной безопасности, экологии, проектирования и обследования зданий, сооружений и строительных конструкций. В сферу деятельности вышеперечисленных организаций по технической эксплуатации жилых зданий входит широкий спектр работ: техническое обслуживание жилых зданий, санитарное содержание мест общего пользования в жилых домах и придомовой территории, уборка и благоустройство территории жилой застройки, организация работы товарищества собственников, круглосуточная аварийная служба для жилых зданий и др. Несмотря на то, что офисы частных организаций находятся в крупных городах, они предоставляют свои услуги по всей территории Республики Беларусь.

В Беларуси ежегодно увеличивается число негосударственных организаций в сфере услуг по технической эксплуатации зданий и сооружений. Своей деятельностью они создают конкуренцию жилищно-коммунальным хозяйствам. Но, учитывая сокращение государственных субсидий в сферу коммунальных услуг, появление таких организаций становится закономерной необходимостью. Возможно, деятельность таких организаций, перенимающих успешный опыт зарубежных стран и применяющих его у нас с учетом определенной специфики,

будет носить не только характер конкуренции, но и взаимных партнерских отношений с жилищно-коммунальными хозяйствами Беларуси, что может стать одним из перспективных направлений развития жилищно-коммунальной сферы страны в целом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. О Государственной программе «Строительство жилья» на 2021–2025 годы [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 28 янв. 2021 г., № 51 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: [https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22100051&p1=1&p5=0&roistat\\_visit=1137797](https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22100051&p1=1&p5=0&roistat_visit=1137797). – Дата доступа: 19.01.2022.

2. Техническое состояние зданий и сооружений = Тэхнічны стан будынкаў і збудаванняў: СН 1.04.01-2020. – Минск: Минстройархитектуры, 2021. – 68 с.

УДК 378.147

## ИННОВАЦИОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ АПК

**Л. В. Шуляков**, доцент

**Н. П. Хруцкая**, ст. преподаватель

**П. В. Жаренков**, студент

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** инновации, инновационные и компьютерные технологии, модульное обучение, специалисты.

**Аннотация.** Применение современных инновационных методов и форм организации образовательного пространства, обязательным условием которого является использование инновационных технологий, модульного обучения, контекстного обучения на основе моделирования, позволяют интенсивно развивать совокупность знаний в направлении содержания будущей профессиональной деятельности специалиста.

**Keywords:** innovations, innovative and computer technologies, modular training, specialists.

**Annotation.** The use of modern innovative methods and forms of organization of the educational space, a prerequisite for which is the use of innovative technologies, modular training, and contextual training based on

modeling, allow us to intensively develop a set of knowledge in the direction of the content of the future professional activity of a specialist.

Исследование нынешней практики подготовки специалистов выявило проблемы профессионального образования, среди которых необходимо выделить следующие: низкий уровень мотивации абитуриентов к образованию, нет преемственности между школой и вузом; недостаточная специальная подготовка представлений будущих специалистов о реальном производстве, преимущественная ориентация будущих специалистов на узкопрофильную область профессиональной деятельности; формальный характер взаимодействия учреждений образования и как следствие, недостаточная ориентация образовательной системы на выполнение требований работодателя. Поэтому одной из важнейших задач профессионального образования является совершенствование системы подготовки специалистов для сельского хозяйства [1, 2]. Сегодня нужны компетентные специалисты, которые могут квалифицированно решать управленческие и производственные задачи, что требует обучения по многоуровневой программе высшего образования, включающей хорошую фундаментальную подготовку, достаточные навыки профессиональной работы во время производственных практик.

В комплексе проблем, связанных с профессиональной подготовкой будущих специалистов в Белорусской государственной сельскохозяйственной академии, применение инновационных технологий включено в число приоритетных. Целью инновационной деятельности в рассматриваемом направлении обучения в БГСХА является внедрение в учебный процесс современных технологий, создание и реализация модели непрерывного образования [3, 4, 5, 6, 7]. Для ее построения и реализации осуществлен всесторонний анализ наиболее эффективных методов и средств обучения.

Для этого разработаны и разрабатываются необходимые образовательные технологии, представляющие собой модель и реальный процесс осуществления целостной педагогической деятельности, которая включает в себя индивидуально-групповую, информационно-диагностирующую, организационно-развивающую, деятельностно-эвристическую, духовно-гуманитарную и мотивационно-управленческую составляющие. Они включают в себя конкретное представление планируемых результатов обучения, форму обучения, порядок взаимодействия студента и преподавателя, методики и средства обучения, систему диагностики текущего состояния учебного

процесса и степени обученности студента. Преподавание основано на максимальном использовании активных форм обучения и самостоятельной работы студентов.

Новые информационные технологии способны превратить обучение в увлекательный процесс, способствующий развитию исследовательских навыков студентов [3]. Технология проведения занятий с использованием современных технических средств позволяет повысить мотивацию студентов, тренирует и активизирует память, актуализирует аналитические способности. Применение современных средств информационных технологий, таких как, электронные версии занятий, электронные учебники, обучающие программы является актуальностью для современного профессионального образования.

Успешной формой реализации указанного взаимодействия между преподавателем и студентом становится модульный подход, применяемый при изучении дисциплин материаловедческого направления [8, 9, 10]. Цель модульного обучения заключается в содействии развитию самостоятельности обучаемых, их умению моделировать ситуацию с учетом полученных результатов диагностики. Изучение каждого последующего модуля задач основывается на диагностике исследуемого объекта, обосновании занимаемых стратегических позиций.

Модульный принцип дает возможность выйти на качественно новый уровень применения аттестационных технологий в процессе обучения, позволяя осуществлять не только текущую, но и промежуточную проверку качества освоения студентами материала учебной дисциплины. Текущий и промежуточный контроль становятся компонентами действенного мониторинга усвоения студентами содержания учебного материала.

Модульно-рейтинговая система оценки знаний и успеваемости студентов является комплексной системой поэтапного оценивания уровня освоения основной образовательной программы высшего профессионального образования, с использованием модульного принципа построения учебного процесса. Ее можно использовать в любой системе обучения. Четкое дозирование учебного материала, информационно-методическое обеспечение с программой логически последовательных действий для обучающегося и возможность осваивать материал в удобное для него время ведет к улучшению качества и эффективности образовательного процесса в целом [8, 9, 10].

В контекстном обучении информация для получения статуса профессионального знания должна восприниматься в контексте собственного

практического действия студента, быть не чисто теоретическим, а приближенным к предметно-технологическим и социокультурным ситуациям будущей профессиональной деятельности. Проблемная ситуация предполагает включение творческого мышления студента. Такая система профессиональных ситуаций способствует моделированию и трансформации содержания образовательного процесса, позволяет интегрировать знания изучаемой дисциплины. Одной из базовых форм деятельности студентов в контекстном обучении является имитационная модель.

Мультимедийные технологии – это мощные средства для создания и построения многоуровневого учебного процесса. Преимущества использования мультимедийных технологий на лекциях очевидны, поскольку они усиливают интерес студентов и удерживают их активность по ходу изложения материала, что невозможно в ситуации классического формата, когда преподаватель не обладает мультимедийными технологиями. Обучение с использованием мультимедийных технологий служит одним из факторов успешного образования, дает студентам уверенность в достижении более высоких результатов.

Основными преимуществами применения технологий мультимедиа в образовании являются: наглядное и образное представление информации; обеспечение индивидуализации и дифференциации процесса обучения за счет реализации возможностей интерактивного диалога; стимулирование когнитивных аспектов обучения, таких как восприятие и осознание информации; высокая степень самостоятельности работы студентов в мировом информационном пространстве, что является фактором значительной активизации процесса познания. Сочетание комментариев преподавателя с видеоинформацией или анимацией значительно активизирует внимание студентов к содержанию излагаемого преподавателем учебного материала и повышает интерес к новой теме. Обучение становится занимательным и эмоциональным, принося эстетическое удовлетворение студентам и повышая качество излагаемой преподавателем информации. При этом существенно изменяется его роль в учебном процессе.

Осуществление принципа индивидуализации обучения происходит на базе создания кейс-технологии. Кейс – это портфель с полным комплектом учебных материалов по каждой дисциплине. Технология состоит в том, что в начале обучения составляется индивидуальный план, каждый обучающийся получает так называемый кейс, содержащий пакет учебной литературы, мультимедийный видеокурс, виртуальную лабораторию с обучающим пакетом программ. Суть ее заклю-

чается в осмыслении, критическом анализе и решении конкретных проблем или случаев (cases), которые обсуждаются на занятиях и служат основой дальнейшей профессиональной деятельности.

Инновационные технологии обучения, отражающие суть будущей профессии, формируют профессиональные качества специалиста, являются своеобразным полигоном, на котором студенты могут отработать профессиональные навыки в условиях, приближенных к реальным. Следует отметить, что существует множество нерешённых вопросов и проблем в области разработки, внедрения и применения инновационных технологий в образовательном процессе профессиональной подготовки специалистов с высшим образованием, последовательное применение инновационных технологий в полной мере соответствует задаче реализации принципов системы непрерывного образования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Герасимович, А. А. Летопись Белорусской государственной сельскохозяйственной академии (1840–2015 гг.) / А. А. Герасимович, В. М. Лившиц. – 6-е изд., перераб. и доп. – Горки: БГСХА, 2015. – 212 с.
2. Програма развития Белорусской государственной сельскохозяйственной академии на 2016–2020 годы / под общ. ред. П. А. Саскевича. – Горки: БГСХА, 2016. – 84 с.
3. Карташевич, А. Н. Применение инновационных образовательных технологий на базах кафедр УО БГСХА / А. Н. Карташевич, А. Ф. Скадорва // Педагогика высшей школы: сб. статей. – Горки: БГСХА, 2010. – С. 43–46.
4. Сарви́ро, Е. И. Мониторинг эффективности модульно-рейтинговой системы обучения в УО БГСХА / Е. И. Сарви́ро // Педагогика высшей школы: сб. статей. – Горки: БГСХА, 2010. – С. 108–113.
5. Шуин, Н. К. Внедрение информационных и коммуникационных технологий в учебный процесс УО БГСХА / Н. К. Шуин, Т. Н. Благодерова, Л. Н. Руденко // Педагогика высшей школы: сб. статей. – Горки: БГСХА, 2010. – С. 147–151.
6. Шуляков, Л. В. Применение инновационных образовательных технологий при подготовке специалистов строительного профиля / Л. В. Шуляков, П. В. Жаренков // Наука, Образование, Культура: матер. Междунар. науч.-практ. конф. «Наука, Образование, Культура», «Știință, Educație, Cultură», посвящ. 25-летию Комратского государственного университета (Республика МОЛДОВА, г. Комрат, 4 февраля 2016). – Комрат, КГУ, 2016. – Т. 1. – С. 528–533.
7. Шуляков, Л. В. Инновационные технологии подготовки специалистов переработки и хранения сельскохозяйственной продукции / Л. В. Шуляков // Труды XII междунар. науч.-практ. конф. «Пища. Экология. Качество». – Новосибирск, 2015. – Т. 2. – С. 459–462.
8. Шуляков, Л. В. Применение модульного обучения как инновационной образовательной технологии / Л. В. Шуляков // Модернизация содержания и технологий вузовского образования на основе стандартов профессиональной деятельности: матер. Всеросс. науч.-практ. конф. (Нижний Тагил, 7 апреля 2016 г.) / отв. ред. Л. П. Филатова. –

Нижний Тагил: Нижнетагильский государственный социально-педагогический институт (филиал) ФГАОУ ВО «РГППУ», 2016. – С. 164–167.

9. Шуляков, Л. В. Модульное обучение в подготовке специалистов строительного профиля / Л. В. Шуляков // Актуальные проблемы профессионального образования в Республике Беларусь и за рубежом: материалы III Международной научно-практической конференции, Витебск: в 3-х т. / Витебский филиал Международного университета «МИТСО». – Витебск, 2016. – Т. 1. – С. 305–308.

10. Положение о модульно-рейтинговой технологии обучения студентов на I ступени высшего образования. – Горки: БГСХА, 2016. – 8 с.

УДК 624.131.:627.11

## **ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И ЗАВИСИМОСТЬ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩАЯ КОМПРЕССИОННЫЕ СВОЙСТВА БИОГЕННЫХ ГРУНТОВ**

**Н. В. Васильева**, канд. техн. наук, доцент

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** фазовый состав, органическая и минеральные составляющие, сухое вещество, твердая фаза, вода.

**Аннотация.** Биогенный грунт состоит из твердой фазы, которая содержит в себе минеральную и органическую составляющие и воду. Минеральная составляющая не только в образце грунта, но и в залежи занимает значительно меньший объем, чем органическая. Каркас органической составляющей в основаниях под сооружениями и дорогами на мелиоративных системах несет основную нагрузку от них.

**Key words:** phase composition, organic and mineral co-facilities, dry matter, solid phase, water.

**Annotation.** Biogenic soil consists of a solid phase, which cooles mineral and organic components and water. The mineral component not only in the soil sample, but also in the deposits occupies a much smaller volume than organic. The frame of the organic component in the base under structures and roads on reclamation systems carries the main load from them.

Биогенные грунты – современные органо-минеральные отложения осадочного происхождения с повышенным содержанием органического вещества. В залежи биогенные грунты обычно представлены несколькими видами, каждый их, которых характеризуется большей вариабельностью свойств. Поэтому для достоверной оценки требуется

выполнять большое количество определений показателей их свойств. Для биогенных грунтов, также как и для минеральных необходимо определять три основных показателя, входящие в уравнение механики грунтов: плотность ( $\gamma$ ), естественную влажность ( $W$ ), плотность твердой фазы ( $\gamma_s$ ). Кроме того, для установления типа биогенного грунта, необходимо знать значение зольности ( $Z$ ).

Биогенные грунты – это сложные природные образования, представляющие собой многокомпонентную систему. Механические свойства биогенных грунтов, которые представляют интерес для инженерных целей при использовании этих грунтов в качестве основания или материала для возведения сооружений. Сухое вещество (твердая фаза) биогенных грунтов состоит из продуктов распада растительных и животных организмов и минеральных включений.

Основной объем содержащейся в них воды связывается и удерживается органической составляющей этих грунтов. Минеральная составляющая связывает незначительное количество воды в сравнении с органической. Влажность органической составляющей (количество воды, связанное единицей массы) и является структурным показателем, который достаточно точно характеризует сжимаемость любого типа биогенного грунта. В единице объема для подавляющего большинства биогенных грунтов их минеральная составляющая занимает несопоставимо малый, в сравнении с органической составляющей объем и ее сжимаемость так же несопоставимо мала, поэтому сжимаемостью минеральной составляющей можно пренебречь. Минеральная составляющая биогенных грунтов способна связать и удерживать в структуре грунта значительно меньшее количество воды, чем органическая. Поэтому связь между параметрами свойств следует устанавливать отдельно для минеральной и органической составляющих.

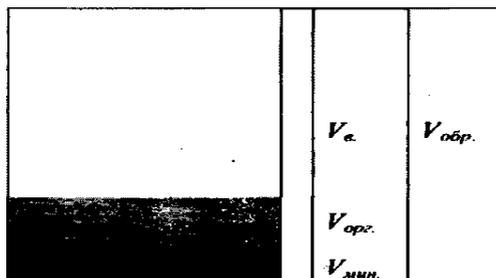


Рис. 1. Образец водонасыщенного биогенного грунта

В общем случае объем образца водонасыщенного биогенного грунта состоит:

$$V_{\text{обр}} = V_{\text{орг}} + V_{\text{мин}} + V_{\text{в}}, \quad (1)$$

где  $V_{\text{обр}}$  – объем образца;

$V_{\text{орг}}$  – объем органической составляющей;

$V_{\text{мин}}$  – объем минеральной составляющей;

$V_{\text{в}}$  – объем воды.

Вычисления производятся по следующей схеме: Плотность скелета фунта:

$$\gamma_d = \frac{1}{0,01W + \frac{1}{\gamma_8}}. \quad (2)$$

Плотность грунта

$$\gamma = \gamma_d(0,01W + 1). \quad (3)$$

Объем образца в компрессионном кольце

$$V_{\text{обр}} = F \cdot h, \quad (4)$$

где высота гильзы прибора  $h = 2,00$  см;

площадь образца  $F = 25,5$  см.

Масса образца

$$P_{\text{в}} = V_{\text{обр}} \cdot \Pi \cdot \gamma_{\text{в}}. \quad (5)$$

Объем твердой фазы

$$m = \frac{\gamma_d}{\gamma_8}. \quad (6)$$

Объем пор

$$n = 1 - m. \quad (7)$$

Масса воды в образце

$$P_{\text{в}} = V_{\text{обр}} \cdot n \cdot \gamma_{\text{в}}, \quad (8)$$

где  $\gamma_{\text{в}} = 1,0$  г/см<sup>3</sup> – плотность воды.

Масса твердой фазы образца

$$P_{\text{тв. ф}} = P_{\text{обр}} - P_{\text{в}}. \quad (9)$$

Твердая фаза образца состоит из минеральной и органической составляющих

$$P_{\text{тв. ф}} = P_{\text{мин}} - P_{\text{орг}}. \quad (10)$$

Масса минеральной составляющей

$$P_{\text{мин}} = \frac{P_{\text{тв. ф}} \cdot Z}{100}. \quad (11)$$

Масса органической составляющей

$$P_{\text{орг}} = P_{\text{тв. ф}} - P_{\text{мин}}. \quad (12)$$

Объем твердой фазы образца

$$V_{\text{тв. ф}} = V_{\text{обр}} \cdot m. \quad (13)$$

Объем воды в образце

$$V_{\text{в}} = V_{\text{обр}} - V_{\text{тв. ф}}. \quad (14)$$

Плотность твердой фазы минеральной составляющей и ее влажность неизвестны. Плотность минеральной составляющей зависит от породообразующих минералов и изменяется в достаточно узком диапазоне. Задаваясь различными значениями плотности минеральной составляющей  $\gamma_8$ , и влажности  $W_{\text{мин}}$ , можно вычислить ее характеристики и проанализировать, сколько воды при этом будет ею связано ( $P_{\text{в}}^{\text{мин}}$ ). По результатам вариантных расчетов было получено расчетное значение  $W_{\text{мин}}$ .

Объем минеральной составляющей:

$$V_{\text{мин}} = \frac{P_{\text{мин}}}{\gamma_{\text{мин}}}. \quad (15)$$

Высота минеральной составляющей в образце

$$h_{\text{мин}} = \frac{V_{\text{мин}}}{\gamma_{\text{мин}}}. \quad (16)$$

Масса воды связанная органической составляющей

$$P_{\text{орг}}^{\text{в}} = P_{\text{обр}}^{\text{в}} - P_{\text{мин}}^{\text{в}}. \quad (17)$$

Влажность органической составляющей:

$$W_{\text{орг}} = \frac{P_{\text{орг}}^{\text{в}} \cdot 100}{P_{\text{орг}}} \quad (18)$$

Однако, как и для минеральной составляющей, плотность твердой фазы органической составляющей неизвестна. Задаваясь различными значениями плотности органической составляющей по аналогии, как и для минеральной составляющей по результатам вариантных расчетов получено расчетное значение  $\gamma_{\text{с}}^{\text{орг}}$ .

Плотность скелета органической составляющей

$$\gamma_d^{\text{орг}} = \frac{1}{0,01W_{\text{орг}} + \frac{1}{\gamma_d^{\text{орг}}}} \quad (19)$$

Плотность органической составляющей

$$\gamma_{\text{орг}} = \gamma_d^{\text{орг}} \cdot (0,01 \cdot W_{\text{орг}} + 1). \quad (20)$$

Объем органической составляющей

$$V_{\text{орг}} = V_{\text{тв. ф}} - V_{\text{мин}} \quad (21)$$

Высота органической составляющей в образце

$$h_{\text{орг}} = \frac{V_{\text{орг}}}{F} \quad (22)$$

Коэффициент пористости органической составляющей

$$\varepsilon_{\text{орг}} = \frac{\gamma_{\text{с}}^{\text{орг}}}{\gamma_d^{\text{орг}}} - 1. \quad (23)$$

Несмотря на то, что минеральная составляющая занимает в образце очень малый объем, при ее вычитании влажность и коэффициент пористости органической составляющей изменяется существенно.

На основании вариантных расчетов и анализа опытных данных установлено, что при расчете фазового состава биогенных фунтов можно принять значения плотности твердой фазы минеральной составляющей равным  $\gamma_{\text{с}}^{\text{мин}} = 2,7 \text{ г/см}^3$ , влажности  $W_{\text{м}} = 20 \%$ , а плотности твердой фазы органической составляющей  $\gamma_{\text{с}}^{\text{орг}} = 1,5 \text{ г/см}^3$ , что совпадает со значениями, полученными при разработке методики определения показателей физических свойств биогенных грунтов.

Одной из основных и наиболее трудоемких задач при изучении свойств биогенных грунтов как оснований сооружений. Является получение экспериментальным путем компрессионных характеристик (показатели сжимаемости), необходимых для определения осадки сооружений и используемых при расчете напряженно-деформируемого состояния основания в процессе расчета режима загрузки слабого основания.

В силу особенностей реологических свойств биогенных грунтов для получения компрессионных характеристик для одного образца необходимо проводить испытания в лабораторных условиях в течение нескольких месяцев, а для некоторых видов этих грунтов и при большом количестве ступеней нагружения этот процесс может достигать года. Поэтому актуальным является построение компрессионной кривой без проведения компрессионных испытаний, то есть расчетным путем.

Для получения расчетной зависимости были использованы опыты с торфами и сапропелями, которые отличаются друг от друга по коэффициенту пористости, влажности и другим показателям в условиях естественного сложения.

Наиболее распространенным уравнением при аппроксимации экспериментальных компрессионных кривых является логарифмическое. Для всех видов биогенных грунтов зависимости в координатах

$$\frac{\varepsilon_i}{\varepsilon_0} = \frac{\varepsilon_0^\phi}{\varepsilon_0} - a_k \cdot \lg \frac{P}{P_0}, \quad (24)$$

где  $\varepsilon_i$  – коэффициент пористости, соответствующий приложенной нагрузке  $P$ , кг/см<sup>2</sup>;

$\varepsilon_0$  – начальный коэффициент пористости;

$\varepsilon_0^\phi$  – условный (начальный) коэффициент пористости;

$a_k \cdot \lg q$  – коэффициент полной компрессии (показатель сжимаемости);

$P_0$  – нагрузка, соответствующая точке пересечения скрепленного участка компрессионной кривой с осью ординат,  $P_0 = 0,1$  кг/см<sup>2</sup>.

Начальный коэффициент пористости  $\varepsilon_0$  в естественном состоянии должен находится на оси абсцисс при значениях  $P = 0$ , который в принятых координатах расположена на  $-\infty$ . Поэтому за начальное значение коэффициента пористости принимаем некоторое условное значение  $\varepsilon_0^\phi$ , соответствующее точке пересечения прямолинейного участка

компрессионной зависимости с осью ординат при  $P = 0,1 \text{ кг/см}^2$ . Значения показателей  $\varepsilon_0^\phi$  и  $a_k$  зависят от показателей физических свойств, состава и состояния биогенных грунтов. Математическая форма связи между этими показателями получена на основе графического анализа соотношений между  $\varepsilon_0^\phi$  и  $\varepsilon_0$  и  $\varepsilon_0^\phi$  и  $a_k$  и в численном выражении имеет вид:

$$\varepsilon_0^\phi = 1,3826 \cdot \varepsilon_0^{0,8448}; \quad (25)$$

$$a_k = 0,1231 \cdot \varepsilon_0^{0,5717}. \quad (26)$$

Подставляя полученные выражения в уравнение компрессионной кривой, получаем формулу для построения компрессионной кривой для биогенных грунтов в зависимости от одного параметра  $\varepsilon_0$  по традиционному подходу к анализу экспериментальных данных

$$\varepsilon_i = 1,3836 \cdot \varepsilon_0^{0,845} - (0,147 \varepsilon_0^{0,483}) \cdot \varepsilon_0 \ell q \frac{P}{P_0}. \quad (27)$$

Полученная зависимость для расчета компрессионных кривых позволяет рассчитывать их по показателям физических свойств биогенных грунтов вместо длительных и трудоемких испытаний в лабораторных условиях.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лысенко, М. П. Состав и физико-механические свойства грунтов / М. П. Лысенко. – М.: Недра, 1972. – 320 с.
2. Черник, П. К. Расчет фазового состава биогенных грунтов / П. К. Черник, Н. В. Васильева // Сб. науч. тр. Белорус. НИИ мелиорации и луговодства. – Т. XLV. – Минск, 1998. – С. 80–88.
3. Рекомендации по инженерно-геологическим изысканиям болотных отложений под сооружениями / сост.: П. К. Черник [и др.]. – Минск, 1977. – 28 с.
4. Рубинштейн, А. Я. Биогенные грунты / А. Я. Рубинштейн. – М., 1984. – 108 с.
5. Рубинштейн, А. Я. Инженерно-геологические изыскания для строительства на слабых грунтах / А. Я. Рубинштейн, Ф. С. Канаев. – М.: Стройиздат, 1984. – 108 с.

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДОЖДЕВАНИЯ  
ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ УСТАНОВКОЙ  
LINSDAY-EUROPE OMEGA**

**Д. А. Дрозд**, ассистент

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** дождевание, яровой ячмень, энергетическая эффективность.

**Аннотация.** Настоящая статья посвящена изучению энергетической эффективности орошения ярового ячменя. Эксперимент выполнен на белорусском сорте ярового ячменя Страж 110, возделываемом при различных режимах орошения на минеральных почвах северо-восточной части Республики Беларусь. Установлено, что высокой энергетической эффективностью характеризуются посевы, произрастающие в условиях фона 80 % НВ.

**Keywords:** sprinkling, spring barley, energy effectiveness

**Annotation.** This article is devoted to the study of the energy efficiency of irrigation of spring barley. The experiment is performed on the Belarusian variety of spring barley guards 110, cultivated in various irrigation modes on the mineral soils of the north-eastern part of the Republic of Belarus. It was established that high energy efficiency is characterized by crops that produce 80 % of НВ in the background.

Яровой ячмень, является одной из основных продовольственных, кормовых и технических культур. Из его зерна производят перловую и ячневую крупы, солодовые экстракты и другие пищевые продукты. Порядка 70 % производимого зерна ячменя расходуется для кормления животных. Кроме того, зерно отдельных сортов ярового ячменя применяется при изготовлении пива, что делает данную культуру еще более ценной [1].

Повышенные требования к почвенной влагообеспеченности, в совокупности с неравномерностью распределения осадков внутри вегетационного периода указали нам на целесообразность возделывания ярового ячменя в условиях орошения. Эксперимент по изучению влияния орошения на продуктивность ярового ячменя выполнен на дерно-

во-подзолистых легкосуглинистых почвах учебно-опытного поля «Гушково-1», которое располагается в северо-восточной части Республики Беларусь. По агрохимическим показателям гумус – 1,53 %, рН – 5,80, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 304 мг/кг, K<sub>2</sub>O – 331 мг/кг почвы опытного участка можно охарактеризовать как высоко окультуренные. Водно-физические показатели опытного участка, следующие: плотность сложения – 1,39 г/см<sup>3</sup>, наименьшая влагоемкость – 22,63 % от массы сухой почвы [2, 3].

В исследованиях использовался белорусский сорт ярового ячменя Страж 110. Норма высева принята равной 3,8 млн. шт. семян на 1 га, глубина заделки семян – 3 см, ширина междурядий – 15 см. Семена непосредственно перед посевом, были обработаны препаратом Виал-ТТ дозой 0,5 л/т. Помимо этого, нами было выполнена химическая обработка посевов препаратами Базагран-М (2 л/га) и Агритокс (1 л/га) [1].

Закладка полевого опыта выполнена по следующей схеме:

1. Без орошения (контроль).
2. Полив при снижении почвенных влагозапасов до 80 % от НВ (80 % НВ).
3. Полив при снижении почвенных влагозапасов до 70 % от НВ (70 % НВ).

Поливные нормы принимались на основании водно-физических показателей почвы и составили 20 мм и 30 мм для вариантов 80 % НВ и 70 % НВ соответственно. Регулирование влагозапасов осуществлялось фронтальной дождевальная установкой Lindsay-Europe Omega [4].

Оценка энергетической эффективности орошения ярового ячменя выполнена на основании технологической карты, в которой для каждой технологической операции определялась энергоёмкость сельскохозяйственных машин и прицепленных к ним агрегатов [5].

Перевод затрат ГСМ, пестицидов, гербицидов, минеральных удобрений и электроэнергии в энергию выполнен с помощью энергетических эквивалентов путем перемножения эквивалента на фактический расход ГСМ или, например пестицида. После определения всех искомым показателей их суммируют, что и дает полные затраты энергии на возделывание ярового ячменя (таблица).

## Энергетическая эффективность орошения ярового ячменя

Показатель	Варианты опыта		
	Контроль	80 % НВ	70 % НВ
Выход кормовых единиц, тыс. к. ед.	3,67	6,83	5,52
Выход обменной энергии, ГДж/га	40,88	73,32	61,08
Затраты энергии, ГДж/га	15,24	18,14	17,11
Удельные затраты энергии, МДж на 1 ГДж/га ОЭ	373	247	280
АК (по обменной энергии)	2,68	4,04	3,57

При анализе табличных данных нами установлено, что суммарные затраты энергии при возделывании ярового ячменя варьируют от 15,24 ГДж/га на контрольном варианте опыта до 18,14 ГДж/га на варианте 80 % НВ. При этом, регулирование почвенных влагозапасов орошением повысило обеспеченность ярового ячменя обменной энергией на 20,20–32,44 ГДж/га и снизило удельные затраты энергии с 373 МДж на 1 ГДж/га ОЭ до 247 МДж на 1 ГДж/га ОЭ.

Вывод об энергетической эффективности орошения ярового ячменя можно сделать с помощью агроэнергетического коэффициента (АК), который отражает отношение валового сбора обменной энергии к затраченной на получение продукции энергии. Исходя из этого, высокой энергетической эффективностью характеризуются посевы ярового ячменя, произрастающие в условиях варианта 80 % НВ, так как АК (4,04) на данном варианте достигает наибольших значений среди остальных вариантов опыта.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур: пособие / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша, П. А. Саскевича. – Горки : БГСХА, 2016. – 390 с.
2. Анилова, Л. В. Практика по почвоведению: учеб. пособие / Л. В. Анилова. – Оренбург: ОГУ, 2012. – 120 с.
3. Мамонтов, В. Г. Практикум по химии почв : учеб. пособие / В. Г. Мамонтов, А. А. Гладков. – М.: ФОРУМ ; ИНФРА-М, 2015. – 272 с.
4. Оросительные системы. Правила проектирования : ТКП 45-3.04-178-2009 (02250). – Введ. 29.12.2009. – Минск: Минстройархитектуры, 2010. – 70 с.
5. Кутузова, А. А. Методика оценки потоков энергии в луговых агроэкосистемах : метод. указания / А. А. Кутузова, Л. С. Трофимова, Е. Е. Проворная. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Угрешская типография, 2015. – 32 с.

## СОВРЕМЕННЫЕ ОРОСИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И УСТАНОВКИ

**В. М. Лукашевич**, канд. с.-х. наук, доцент

**Д. А. Леганьков**, магистрант

**А. Н. Тиванов**, магистрант

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** орошение, дождевание, установки, техника, дождевальная техника, фермерские хозяйства.

**Аннотация.** В статье представлена наиболее современная и актуальная дождевальная техника, используемая на постсоветском пространстве для различных сельскохозяйственных культур. А также представлена градация дождевальной техники по группам мелиоративных и экологических требований.

**Keywords:** irrigation, sprinkling, installations, equipment, sprinkles, farms.

**Annotation.** The article presents the most modern and relevant sprinkling equipment used in the post -Soviet space for various agricultural crops. The gradation of sprinkling equipment in groups of reclamation and environmental requirements is also presented.

Территория Республики Беларусь относится к зоне неустойчивого увлажнения, поэтому объективно здесь нужно применять наряду с осушительными и оросительные мелиорации. Однако в силу субъективных причин в настоящее время новое строительство оросительных систем почти не ведется, а ранее построенные, выходят из строя по различным причинам. Как нам представляется, перспективным можно считать орошение небольших участков и фермерских хозяйств. И здесь встает вопрос о виде дождевальной техники и требования к ней.

Частные фермерские хозяйства, в подавляющем большинстве, не нуждаются в широкозахватной высокопроизводительной технике типа ДМ-454-100 (ДМУА..., ДМУБ...) «Фрегат», «Кубань», ДФ-120 «Днепр» и т. п. Ибо территории хозяйств в основном невелики, носят мелкоконтурный характер. Начинающие и не крупные хозяйства не в

состоянии нести капитальные затраты, связанные с приобретением дорогостоящей металлоемкой дождевальной техники, а зачастую непосильны и эксплуатационные расходы (электроэнергия, топливо, запчасти, специалисты по обслуживанию и т. д.).

Исходя из вышеизложенного, вопрос использования (закупки) перечисленных моделей машин, ориентированных на регионы, где полив является фактором получения урожая, в то время как в Республике Беларусь – это фактор интенсификации сельскохозяйственного производства, не является достаточно обоснованным.

В целом учитывая природно-климатические условия Республики Беларусь, а также имеющиеся разработки [1, 2], считаем, что при технической оценке применимости дождевальной техники, необходимо учитывать следующие требования.

Группа агробиологических требований:

- подача воды в нужном количестве и в требуемые для растений сроки в соответствии с биологическими фазами их развития. Параметры режима орошения (поливные нормы 100...300 м<sup>3</sup>/га, оросительные 500...1500 м<sup>3</sup>/га);

- равномерное распределение воды на поле и по почвенным горизонтам на глубину распространения корневой системы растений. Коэффициенты эффективного полива  $\geq 0,7$ ;

- сохранность растений от механических повреждений в процессе подготовки и проведения полива, а также недопущение отрицательного воздействия на растения тока воды и дождевых капель (полеганность, угнетение всходов, нарушение цветения). Средний диаметр капель дождя  $d_{cp} \leq 1,0$  мм.

Группа мелиоративных и экологических требований:

- обеспечить возможность создания и поддержания в почвенном слое оптимального уровня влажности и аэрации для сохранения структуры и водоподачи почвенных агрегатов, активной жизнедеятельности микроорганизмов в почвообразовательном процессе и повышения плодородия почв;

- недопущение при дождевании процесса лужеобразования и стока. Не превышение средней интенсивность дождя средней скорости впитывания воды в почву;

- обеспечение возможности продуктивного использования естественных осадков и поддержание аккумулирующей способности верхних горизонтов за счет малоинтенсивного и дробного внесения полив-

ных норм, существенно не превышающих величину среднесуточной эвапотранспирации;

- обеспечение возможности внесения в почву вместе с поливной водой минеральных и органических удобрений, микроэлементов, химелиорантов, гербицидов. Коэффициент равномерности распределения удобрений и средств химизации по площади при многоцелевом орошении  $0,6-1,0$ .

Группа организационно-хозяйственных требований:

- возможность орошения мелкоконтурных участков прямоугольной формы;

- снижение энергоемкости процесса полива. Затраты энергии (энергоемкость) на подъем  $1,0$  тыс.  $\text{м}^3$  поливной воды при дождевании  $\leq 500-1500$  кВт·ч,

- обеспечение высокой надежности технологического процесса полива и долговечности оборудования оросительных систем. Коэффициент готовности поливного оборудования  $K_g \geq 0,96$ , срок службы поливного оборудования  $T_c \geq 8(3)$  лет (выполненного из полимерных материалов);

- снижение материалоемкости оросительных систем. Удельная материалоемкость систем: стационарных  $0,5-1,0$  т/га, полустационарных  $0,1-0,6$  т/га;

- эффективное использование во времени поливной техники и водопроводящей сети. Коэффициент использования технологического оборудования во времени – отношение времени полезного использования  $T_p$  к общему времени  $T$ , то есть  $T_p/T = 0,3-1,0$ ;

- исключение ухудшения условий проведения при орошении других агроприемов, в том числе механизированных обработок посевов. Снижение по сравнению с нормативом  $P_n$  производительности  $P$  тракторных агрегатов при механизированной обработке посевов при орошении,  $P/P_n \cdot 100 = 100$  %.

Наиболее приближена к требованиям, применение которой целесообразно в условиях Республики Беларусь, техника новых конструкций, а также продолжение совершенствования существующей.

Ряд модификаций дождевальной машины ДМ-454-100 «Фрегат», рассчитаны на обслуживание гораздо меньших территорий нежели базовая модель: МДГК-89-7 «Мини Фрегат – К», содержащий одну опорную тележку и консоль, орошает  $3,3$  га с одной позиции (до  $10$  га за сезон); МДГФ-177-25 «Мини Фрегат – ФШ» (3 опорные тележки) орошает  $12,4-26,8$  га. МДГФ-177-25 «Мини Фрегат-ФШ» является фронтальной шлан-

говой дождевальной машиной, с подачей воды от гидрантов трубопровода закрытой оросительной сети. Модельный ряд «Фермер Фрегат-ДМУ» (ДМУА-68-5,5... ДМУА-186-20 соответственно 2...6 опорных тележек) охватывает широкий спектр вариантов орошаемой площади: 2,3...13,1 га с одной позиции (4,6...26,2 га за сезон).

С целью расширения сферы применения машины «Кубань», разработаны модификации МДЭШ-176-20 «Мини Кубань – ФШ» с водозабором по шлангу от закрытой оросительной сети, содержащая три тележки, орошающая 11–24 га. Модельный ряд «Фермер Кубань-ЛК» отличается от базовой машины поливом в движении по кругу, количество тележек 2...3, орошаемая площадь 5,1...9,8 га. Еще одной модификацией с круговым движением является «Мини Кубань-К» (МДЭК-89-5, 89-5-1, 89-7, 89-7-1) все модели которой содержат одну тележку и консоль. Орошаемая площадь с одной позиции составляет 2,7 га (МДЭК-89-5) и 3,0 га (МДЭК-89-7), до 6,0 га за сезон.

Продолжением модельного ряда дождевателей шланговых (ДШ) являются «Агрос ДШ-32» и «Агрос ДШ-75». Основные технические характеристики которых: расход воды 0,6–1,0 л/с и 5,0–6,0 л/с соответственно, площадь орошения с одной позиции 0,22–0,275 га и 1,0–1,5 га (1,1 га и 6,0 га за сезон). Передвижная дождевальная установка ДШ-0,6 «Кооператор» обслуживает 0,84 га создавая расход 0,6 л/с при давлении на входе в установку 0,1 МПа.

Для обеспечения орошения в секторе приусадебных и мелких фермерских хозяйств серийно выпускается ряд полустационарных, сезонных мелко-контурных дождевальных устройств. Стационарно-сезонный комплект «Росинка», предназначенный для полива сельскохозяйственных культур на участках до 600 м<sup>2</sup>, состоящий из быстро сборного оборудования, расход воды при давлении 0,2 МПа составляет 0,5 л/с. Комплект дождевальный садово-огородный переставной «Радуга» предназначен для орошения плодово-ягодных насаждений и цветников на площади до 600 м<sup>2</sup>, обеспечивает при давлении на входе 0,2 МПа расход 0,2 л/с. Системы импульсно-локального орошения: ИЛО-0,3А, ИЛО-0,3Б соответственно размера обслуживаемых участков 14×75 и 38,4×75 м<sup>2</sup>, напор 2 м, расход 0,3 л/с.

На кафедре мелиорации и водного хозяйства предложено дождевальное устройство, которое может существенно улучшить качество дождя на имеющихся в эксплуатации дождевальных машинах при орошении животноводческими стоками. В ближайшее время будут проводиться лабораторно-полевые исследования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Технологическая карта на полив сельскохозяйственных культур мобильными шланговыми дождевальными машинами / А. П. Лихаевич [и др.] // РУП «Институт мелиорации». – Минск: РУП «Институт мелиорации», 2017. – 36 с.

2. Лукашевич, В. М. Технологические схемы полива мобильными барабанно-шланговыми дождевальными машинами и установками / В. М. Лукашевич // Напрями раціонального використання водних ресурсів: матеріалі міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених, Херсон, 28 бер. 2015 р. / Херсонський держ. аграр. ун-т. – Херсон: РВВ «Колос», 2015. – С. 50–55.

3. Желязко, В. И. Применение мобильной барабанно-шланговой дождевальной установки Bauer «Rainstar» Т-61 в условиях Могилевской области : рекомендации / В. И. Желязко, В. М. Лукашевич. – Горки: БГСХА, 2014. – 24 с.

УДК 551.578:631.432

## ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ПРИ НЕЗНАЧИТЕЛЬНЫХ ДОЖДЕВЫХ ОСАДКАХ

**В. М. Лукашевич**, канд. с.-х. наук, доцент

**О. Б. Ракицкий**, аспирант

**А. А. Константинов**, соискатель

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** водопотребление, сельскохозяйственные культуры, дождевые осадки, теплый период, вегетационный период.

**Аннотация.** В статье показано влияние не большого количества дождей на водопотребление сельскохозяйственных культур. Исследования показали снижение потребления воды. Небольшие дожди теплого периода играют важную роль в водном балансе орошаемых земель.

**Key words:** water consumption, agricultural crops, rain rainfall, warm period, autonomic period.

**Annotation.** The article shows the influence of not a large amount of rain on the water consumption of agricultural crops. Studies showed a decrease in water consumption. Small rains of the warm period play an important role in the water balance of irrigated lands.

Ранее, при проведении полевых и производственных опытов по орошению овощных и сельскохозяйственных культур было установлено, что при осуществлении поливов существенное влияние на формирование

водного режима почвы оказывает так называемые «малые» осадки, то есть осадки за сутки до 5 мм [1]. Если почва увлажнена поливом или осадками до определенной глубины, то испарение происходит в две стадии. В первой (начальной) стадии скорость испарения постоянна во времени и зависит от внешних атмосферных условий, свойств поверхности почв и степени развития растений. Влажность на поверхности почвы постепенно падает, и, как и как только она достигнет величин примерно одинаковых с атмосферными показателями (почва высохла на воздухе), первая стадия заканчивается. Во вторую стадию скорость испарения уменьшается, она ниже, чем потенциальное испарение, и зависит от притока влаги из более глубоких горизонтов к поверхности почвы. Если начальная влажность близка к насыщению почвы, то одновременно с испарением происходит и перераспределение почвенной влаги, то есть осуществляется отток воды из увлажненного слоя в нижний, более сухой. Чем интенсивнее оно, тем сильнее снижается скорость испарения. Если принять во внимание тот факт, что при оптимальной влажности почвы скорость испарения не зависит от влажности почвы, то в этом случае увеличение влажности почвы в результате выпадения малых осадков может отодвинуть срок очередного полива, что неоднократно отмечалось при проведении полевых испытаний.

Следует отметить, что при этом основной упор делался на оценку влияния незначительных осадков на водный режим почвы, и не оценивалось изменение водопотребления сельскохозяйственных культур [1]. Вместе с тем, как показали выполненные в 2011–2021 годах исследования водопотребления на учебно-опытном оросительном комплексе «Тушково-1», незначительные осадки оказывают влияние и на водопотребление сельскохозяйственных культур. Почвы на участке и представлены дерново-подзолистыми суглинками, подстилаемыми лессовидными легкими суглинками и тяжелой супесью. Глубина заложения грунтовых вод на участке более 7 м. Сведения по изменению водопотребления сельскохозяйственных культур при выпадении незначительных осадков приведены в табл. 1.

Анализ данных, приведенных в табл. 1, показывает, что при выпадении малых осадков обычно наблюдается повышение влажности почвы в слое 0–30 см. При этом, как правило, уменьшается среднесуточное водопотребление, а также температура и среднесуточный дефицит влажности воздуха, то есть имеет место качественное участие незначительных осадков в водном балансе орошаемого поля.

Таблица 1. Сведения по изменению водопотребления сельскохозяйственных культур при выпадении незначительных осадков за 2020–2021 гг.

Сельскохозяйственная культура	Даты наблюдений	Осадки, мм	Водопотребление, мм	Среднесуточная температура воздуха, $t_{\text{ср. сут.}}$ , °С	Среднесуточный дефицит влажности воздуха, $d$ , мб
<b>2020 год</b>					
Японское просо	17.05		3.30	15.5	8.3
	18.05	1.1	1.43	13.8	3.8
	31.05		6.11	20.0	10.0
Чумиза	01.06	2.1	3.77	17.4	5.1
	25.06		7.38	19.9	5.0
	26.06	2.4	6.55	20.9	5.8
	16.08		5.00	18.0	5.2
	17.08	1.4	3.50	14.9	3.7
	29.08		2.81	15.3	2.0
	30.08	1.1	2.49	15.5	4.4
Могар	27.06		4.51	20.3	4.8
	28.06	1.5	2.81	19.0	3.2
	20.07		4.37	18.0	4.6
	21.07	4.2	3.35	19.0	4.3
	24.08		6.01	19.5	9.5
	25.08	1.9	4.45	17.0	4.4
<b>2021 год</b>					
Японское просо	05.05		5.1	11.1	4.5
	06.05	0.9	4.7	11.0	3.8
	09.06		6.1	21.6	7.4
	10.06	3.1	5.0	21.2	8.4
Чумиза, Могар	23.06		7.1	19.0	5.5
	24.06	3.1	6.5	20.7	6.5
	09.08		6.9	17.5	6.3
	10.08	0.3	4.8	16.5	3.1
	11.08	0.25	3.3	15.6	3.7
Лук, редис, салат	03.05		3.2	12.3	3.8
	04.05	1.9	1.7	10.2	4.3
	05.05		2.2	11.1	4.5
	06.05	0.9	1.2	11.0	3.8
	29.07		8.2	18.1	4.4
	30.07	5.0	6.1	18.0	6.0

Систематизированные по годам наблюдений (2017–2021 гг.) сведения по измерению водопотребления сельскохозяйственных культур в результате выпадения незначительных осадков приводится в табл. 2.

**Таблица 2. Изменение водопотребления японского проса в результате выпадения незначительных осадков**

Год	Период наблюдений (культура)	Осадки, мм	Водопотребление среднесуточное, мм	
			до выпадения осадков	после выпадения осадков
2017	31.07 – 1.08	6.5	6.6	5.2
	01.08 – 02.08	0.9	5.2	1.8
	02.08 – 03.08	0.0	1.8	4.9
	03.08 – 04.08	2.7	4.9	3.2
	11.08 – 12.08	5.0	5.5	3.5
	12.08 – 13.08	0.1	3.5	1.2
2018	20.07 – 21.07	0.3	4.2	3.1
	21.07 – 22.07	0.5	3.1	2.6
	24.08 – 25.08	2.5	2.3	1.3
2019	13.07 – 14.07	2.1	5.7	3.7
2020	17.05 – 18.05	1.1	3.3	1.4
	31.05 – 1.06	2.1	6.1	3.8
	25.06 – 26.06	2.4	7.4	6.6
	16.08 – 17.08	1.4	5.08	3.5
	29.08 – 30.08	1.1	2.8	2.5
2021	03.05 – 04.05	1.9	3.2	1.7
	05.05 – 06.05	0.9	1.7	1.2
	29.07 – 30.07	5.08	8.2	6.1

Как видно из данных, приведенных в табл. 2, незначительные осадки существенно влияют на величину водопотребления сельскохозяйственных культур в сторону его уменьшения.

Как правило, вследствие выпадения малых осадков понижается дефицит влажности воздуха и температура воздуха. В результате снижается и водопотребление культур. С уменьшением водопотребления растения более продуктивно расходуют влаготпасы почвы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лукашевич, В. М. Эрозионно-допустимые поливные нормы при дождевании на дерново-подзолистых суглинистых почвах / В. М. Лукашевич // Молодежь и инновации : материалы междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, Горки, 27–29 мая 2015 г. / УО БГСХА. – Горки, 2015. – Ч. 2. – С. 272–273.
2. Желязко, В. И. Применение мобильной барабанно-шланговой дождевальной установки Bauer «Rainstar» Т-61 в условиях Могилевской области: рекомендации / В. И. Желязко, В. М. Лукашевич. – Горки: БГСХА, 2014. – 24 с.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВАНИИ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

**Ю. Н. Дуброва**, канд. с.-х. наук, доцент

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** мелиорированные земли; дистанционное зондирование; деградация земель; точное земледелие, мониторинг, беспилотный летательный аппарат.

**Аннотация.** Мониторинг состояния мелиорированных земель с помощью дистанционных технологий позволяет получать актуальную информацию о состоянии агроэкосистемы. По результатам мониторинга устанавливается целесообразность проведения мероприятий по восстановлению мелиорированных сельскохозяйственных земель.

**Keywords:** reclaimed lands; remote probe; land degradation; accurate agriculture, monitoring, a free-lane aircraft.

**Annotation.** Monitoring the state of lemon reclaimed lands using distance technologies allows you to receive relevant information about the state of the agroecosystem. Based on the results of monitoring, the feasibility of measures for the restoration of leaked agricultural lands is established.

На протяжении ряда последних лет в Беларуси наблюдается сокращение площадей сельскохозяйственных угодий за счет их изъятия, зарастания, усиления природоохранных требований, заболачивания. Вследствие устаревания мелиоративных систем, которые преимущественно были построены в середине прошлого столетия, отсутствие достаточных финансовых средств на их поддержание в рабочем состоянии, привело к зарастанию и заболачиванию мелиорированных земель.

Согласно ТКП 17.03-04-2014 «Предотвращение деградации и восстановление деградированных мелиорированных земель» в числе мероприятий по предотвращению деградации и восстановлению деградированных мелиорированных сельскохозяйственных земель в зависимости от вида деградации осуществляются организационные мероприятия, предусматривающие проведение полевых исследований и

лабораторных испытаний. Эти мероприятия проводятся с целью выбора мероприятий по предотвращению деградации и восстановлению мелиорированных земель, разработке проекта реконструкции мелиоративной системы или отдельно расположенного гидротехнического сооружения.

В качестве исходных данных для проведения полевых исследований для подготовки обоснования рекомендуется использовать сведения о мелиоративной системе и землях на ней: агроклиматические; агрономические; актуальные планово-картографические; материала последнего тура почвенных обследований с диагностикой и классификацией почв; данные НСМОС; данные дистанционного зондирования и другие.

Если в ходе проведения проектно-изыскательских работ или подготовки обоснования устанавливается нецелесообразность проведения мероприятий по предотвращению деградации и восстановлению деградированных мелиорированных сельскохозяйственных земель меняется их назначение в установленном порядке. По недавним данным Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь признало более 58 тыс. га мелиорированных сельскохозяйственных земель неподлежащими к использованию в сельском хозяйстве из-за нецелесообразности восстановления мелиоративных систем.

Дистанционное зондирование поверхности земли позволяет сократить затраты средств и времени на полевые исследования, ускорить производство работ, а также повысить достоверность и полноту получаемой информации за счет оптимизации сроков и условий съемки. Особенность дистанционного зондирования заключается в том, что аэрокосмические съемки позволяют оценивать состояние гидромелиоративных систем, сельскохозяйственных посевов на значительных площадях, что при наземных исследованиях практически невозможно. Наиболее широкое применение дистанционного зондирования в сельском хозяйстве связано с появлением точного земледелия.

На мелиорированных землях выполнение агроприемов, как правило, осуществляется с одинаковой нормой технологического воздействия на всем массиве. Применение агротехнологий без учета пространственной variability характеристик посева, водно-воздушных условий вегетации растений повсеместно приводит к нарушению равновесия и снижению продуктивности агроэкосистем. Разработка новых методов и технологий использования дистанционных средств и создание соответствующей отечественной физико-

технической и программно-аппаратной промышленной инфраструктуры информационного обеспечения сельскохозяйственного производства являются основой для перехода к масштабному применению систем ТЗ в АПК Республики Беларусь. Внедрение цифровых технологий ТЗ повысит научную обоснованность принимаемых при производстве растениеводческой продукции решений, а также объективность оценки состояния и использования земель сельскохозяйственного назначения и обеспечит существенное повышение объема и качества урожая [1].

Возможности использования методов аэро- и космического наблюдения в целях информационного мониторинга состояния мелиорированных сельскохозяйственных земель к настоящему времени существенно возросли. Вместе с тем по-прежнему остается важной оперативная роль беспилотников и наземных мобильных и стационарных информационно-измерительных систем для анализа данных и выработки технологических решений по управлению продукционным процессом сельскохозяйственных культур на мелиорируемых землях.

Одним из направлений применения цифровых технологий в мелиорации может быть разработка цифровых информационных моделей мелиоративных объектов на эксплуатационном этапе их жизненного цикла. Для этого необходим сбор и анализ больших данных, который также возможен с использованием современных технологий, включая дистанционное зондирование Земли, беспилотные летательные аппараты (БЛА).

Анализ показателей состояния мелиорируемых сельскохозяйственных земель включает определение коэффициента земельного использования, общей мелиорируемой площади, площади земель с деградационными процессами, площадей, занятых линейными сооружениями и др., наличие и тип сооружений, мелиоративной техники и другие показатели.

Показатели мелиоративного состояния земель приведены в таблице. Сбор информации проводился с помощью обработки спектральных спутниковых снимков дистанционного зондирования земли и посредством съемки с помощью беспилотного летательного аппарата использовались оценочные шкалы. Нормализованный разностный индекс NDVI позволяет осуществлять мониторинг вегетации растений, в результате чего можно дистанционно контролировать качество проведенных сельскохозяйственных мероприятий (в том числе мелиоративных, агротехнических), прогнозировать продуктивность системы

(урожайность) и планировать сроки сбора урожая. Анализ NDVI позволяет выявить проблемы посевов (в том числе угнетенное состояние растений в результате нарушения режима увлажнения или ввиду нарушения нормального эксплуатационного режима работы техники) [2].

Оценка недопустимых уровней грунтовых вод и засоления почв также может проводиться с помощью обработки спектральных снимков ДЗЗ или БЛА по данным значений индексов, например LSWI и NDSI [3].

#### Показатели мелиоративного состояния гидромелиоративных систем (орошение)

Мелиоративное состояние	Площадь, засоленных земель, % от общей мелиорируемой площади	Площадь земель с недопустимой глубиной залегания УГВ, % от общей мелиорируемой площади	Площадь земель с эрозийными процессами, % от общей мелиорируемой площади
Хорошее	(0,10)	(0,20)	нет
Удовлетворительное	(10,30)	(20,30)	(0,10)
Неудовлетворительное	>30	>30	>10

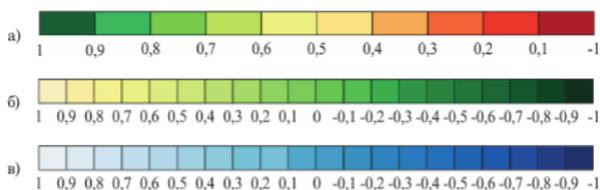


Рис. 1. Ориентировочные оценочные шкалы спектральных индексов: NDVI (а): 0,6–1,0 – густая растительность; 0,4–0,6 – умеренная растительность; 0,2–0,4 – разреженная растительность; 0,1–0,2 – открытая почва; –1...0 – нет вегетации; LSWI (б): –0,5–1 – сухие участки и водные объекты; 0,3–0,5 – низкая влажность; 0–0,2 – средняя влажность; –1...0 – высокая влажность, в том числе вода на поверхности почвы; NDSI (в): –1–0 – нет засоления; 0–0,3 – слабое; 0,3–0,6 – среднее; 0,6–1 – сильное

Интерпретация уровня текущей влажности почвы определялась путем получения значений спектрального индекса LSWI. Эта характеристика может служить оценкой экологического состояния гидромелиоративных систем по уровню заболоченности.

Нормализованный разностный индекс NDVI позволяет оценить площадь почв, подверженных деградационным процессам засоления и осолонцевания, а также оценить качество проведения работ химической мелиорации по устранению деградационных процессов и степень развития этих процессов от уровня агротехники и др.

В ряде Российских научно-исследовательских институтах, в РУП «Институт мелиорации», вузов, проводятся научные исследования по применению дистанционных методов обследования мелиорированных сельскохозяйственных земель с использованием беспилотных летательных аппаратов. По полученным аэрофотоснимкам можно определить техническое состояние мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений. Результаты наблюдений и обследований используются для разработки мероприятий по улучшению мелиоративного состояния мелиорированных земель, обеспечению на них оптимального водно-воздушного, питательного и микробиологического режимов в течение всего вегетационного периода [4].

Проведение наблюдений и обследований является весьма дорогостоящим мероприятием, достоверность полученных показателей в некоторых случаях сомнительна, а убытки сельскохозяйственных предприятий от неисправных мелиоративных систем значительны и составляют 20 % и более только по недобору урожая. Расшифровка аэрофотоснимков, полученных в различных диапазонах света беспилотными летающими аппаратами, а также информация со спутников позволяет получить требуемую информацию о техническом состоянии осушительных мелиоративных систем [5, 6]. Применение автоматизированных метеорологических измерений, анализаторов качества стоков воды с полей, измерение уровня грунтовых вод, использование георадаров и других средств измерений в режиме контроля и фиксации географических координат места проведения исследований, позволяет повысить производительность труда и получить более достоверные показатели обследования. Обследование осушенных мелиорированных земель по действующим методикам позволяет определить только локальные неисправности мелиоративной системы. Более точно определить участок, где вышла из строя мелиоративная система возможно только дистанционно, по снимкам, показывающим всю мелиоративную систему, включая водоприемник, транспортирующие каналы и другие гидротехнические сооружения. Обследование мелиоративных систем дистанционными способами, позволяет сократить время и ручной труд инженеров-гидротехников, получать более достоверные дан-

ные и составлять дефектные ведомости для ремонта объектов мелиорации. Организации обслуживающие мелиоративные системы, или собственники таких систем часто сталкиваются с необходимостью актуализации данных или с их отсутствием, а при обнаружении аварийной или чрезвычайной ситуации – с невозможностью точного и оперативного анализа причинно-следственных связей [7].

Анализ эксплуатационных показателей мелиоративных объектов требует регулярной их актуализации, которая на практике часто встречает трудности. Решение проблемы возможно с помощью разработки цифровых информационных моделей мелиоративных объектов на эксплуатационном этапе их жизненного цикла. Для этого необходим сбор и анализ больших данных, который возможен, в том числе с использованием современных технологий, описанных выше. В результате отсутствия данных о текущих характеристиках технического и экологического состояния этих объектов снижается эффективность мелиоративных мероприятий.

По мнению Российских ученых важным элементом применения цифровых технологий в мелиорации должно стать создание такой информационной модели мелиоративного объекта, с помощью которой можно оперативно получать актуальную информацию о состоянии объекта, анализировать изменение этого состояния, выявлять возможные риски развития неблагоприятных ситуаций, анализировать масштабы и последствия возникновения чрезвычайных и аварийных ситуаций на протяжении всего жизненного цикла мелиоративной системы и отдельно расположенного гидротехнического сооружения [8].

Анализ состояния мелиоративного объекта предполагает использование результатов аэрокосмических наблюдений, полученных способом спутниковой съемки или с помощью беспилотных летательных аппаратов. Получение необходимые данные, например, спутниковые снимки в различных спектральных каналах, данные фотограмметрической съемки, полученные с помощью беспилотного летательного аппарата снимки, облако точек для цифрового моделирования сооружений и др., используются для построения цифровых моделей местности.

Как правило, мониторинг показателей состояния мелиорируемых земель включает определение площадей (коэффициента земельного использования КЗИ, общей мелиорируемой площади, площади земель с деградационными процессами, площади занятые линейными сооружениями и др.), наличие и тип сооружений, мелиоративной техники (например, дождевальных машин) и другие показатели.

При необходимости дополнительно получают различные тематические данные, например, с помощью различных спектральных индексов, подобных NDVI, NDMI и др., описанных выше. Подготовка заключения по результатам обследования предполагает интерпретацию полученных данных и их анализ, для оценки технического, экологического или мелиоративного состояния объекта, в зависимости от целей и задач [9].

Мониторинг состояния мелиоративного объекта с помощью дистанционных технологий позволит получать актуальную информацию о состоянии мелиоративной системы в целом, анализировать изменение этого состояния, выявлять возможные риски развития неблагоприятных ситуаций, выработать технологических решений по управлению производством сельскохозяйственных культур на мелиорируемых землях.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Касьянов, А. Е. Маркерные участки цифровой мелиорации сельскохозяйственных земель / А. Е. Касьянов // Экология и строительство. – 2020. – № 3. – С. 21–24.
2. Зверьков, М. С. Оценка мелиоративного состояния гидромелиоративной системы с использованием данных дистанционного зондирования земли и беспилотного летательного аппарата / М. С. Зверьков, С. В. Брыль // Природобустройство. 2021. – № 2. – С. 6–16.
3. Bryl, S. V., Zverkov M. S. metodicheskie rekomendatsii po primeneniyu metodov dantsionnogo monitoringa na gidromeliiorativnykh sistemakh: nauchno-metodicheskoe izdanie. – Kolomna FGBNU VNII «Raduga», 2020. – 60 s.
4. Подходы к формированию информационной системы «Цифровая мелиорация» / В. Н. Щедрин [и др.] // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2020. – № 1. – С. 53–64.
5. Перспективы использования данных дистанционного зондирования в оценке состояния мелиоративных систем и эффективности использования мелиорированных земель / Н. Н. Дубенок [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса. – 2019. – Т. 16, № 3. – С. 96–104.
6. Курьянович, М. Ф. Использование материалов дистанционного зондирования при изучении почвенного покрова мелиорированных земель / М. Ф. Курьянович // Мелиорация. – 2014. – № 1 (71). – С. 53–58.
7. Петрушин, А. Ф. Оценка состояния дренажных систем сельскохозяйственного поля с помощью данных дистанционного зондирования / А. Ф. Петрушин, Е. П. Митрофанов // Вестн. российской сельскохозяйственной науки. – 2017. – № 4. – С. 17–20.
8. Шаяхметов, М. Р. Изучение почвенного покрова лесостепной зоны западной Сибири на основе дистанционного зондирования земли: автореф. дисс. ... канд. биол. наук / М. Р. Шаяхметов. – Омск, 2015. – С. 19.
9. Дуброва, Ю. Н. Геоморфометрический анализ рельефа территории Горьковского района с использованием данных дистанционного зондирования / Ю. Н. Дуброва, Т. Н. Мысльва, Т. Н. Ткачева // Вестн. Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – Горки, 2021. – № 1. – С. 209–216.

## ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС В КОНТЕКСТЕ КОНЦЕПЦИИ ИНФОРМАТИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ОБРАЗОВАНИЯ

**А. А. Боровиков**, ст. преподаватель  
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** система образования, информатизация, электронный учебно-методический комплекс.

**Аннотация.** На этапе перехода к стандартам нового поколения вопрос о качественной организации учебной работы становится особенно актуальным. Внедрение электронных учебно-методических комплексов в учебный процесс предоставляет новые возможности, изменяя функции преподавателя и сферу его взаимодействия со студентами.

**Keywords:** education system, informatization, electronic educational and methodological complex.

**Annotation.** At the stage of transition to the standards of the new generation, the question of a quality organization of educational work becomes especially relevant. The introduction of electronic educational-methodical complexes into the educational process provides new opportunities by changing the functions of the teacher and the scope of his interaction with students.

Государственная политика Республики Беларусь в области образования одним из приоритетов на пути дальнейшего совершенствования системы образования отмечает эффективное использование информационных технологий и средств. Разработка электронных средств обучения, налаживание сетевого взаимодействия между участниками образовательного процесса, а также внедрение дистанционной формы обучения было предусмотрено еще «Концепцией информатизации системы образования на период до 2020 года». В соответствии с данной Концепцией, дистанционная форма получения образования – одна из форм электронного обучения, которой присущи возможности учиться вне зависимости от места работы и проживания» и «экономичность» [1, с. 13].

В условиях распространения COVID-19 система дистанционного образования позволит не прерывать (не срывать) образовательный процесс, выступая в роли своеобразной «палочки-выручалочки».

Продолжением и замещением «Концепции информатизации системы образования Республики Беларусь на период до 2020 года» [1] выступает «Концепция цифровой трансформации процессов в системе образования Республики Беларусь на 2019–2025 годы» [2], которая задает основные цели, задачи, направления и определяет границы дальнейшей цифровой трансформации процессов в образовательной сфере республики до 2025 года.

Министерством образования Республики Беларусь еще в 2008 году были утверждены «Методические рекомендации разработчикам электронных учебно-методических комплексов по дисциплинам для высших учебных заведений Республики Беларусь» [3] и «Положение об электронном учебно-методическом комплексе по дисциплине для высших учебных заведений Республики Беларусь» [4]. Данные методические пособия предназначены в помощь разработчикам, создающим электронные учебно-методические комплексы (ЭУМК) по учебным дисциплинам.

При оформлении ЭУМК необходимо руководствоваться требованиями межгосударственного стандарта [5], введенного в действие на территории Республики Беларусь постановлением Комитета по стандартизации, метрологии и сертификации при Совете Министров Республики Беларусь от 22 августа 2002 г. № 37.

Именно качественно разработанный и доступный электронный учебно-методический комплекс может стать залогом повышения уровня образования и профессионализма студентов [6].

Разработка ЭУМК сопряжена с решением двух основных задач [7]: развитие методической базы, методики формирования заданий, принципов оценки знаний, сценариев использования методического комплекса; разработка компьютерной оболочки, способной эффективно организовывать, согласно разработанным сценариям, функционирование методического комплекса и решать поставленные перед ним задачи [8].

В настоящее время разработка компьютерной оболочки ЭУМК производится с использованием таких программных пакетов, как Adobe Dreamweaver, ToolBook, CourseLab, WordForce, QuizForce, PowerPointForce, MS Office и др., которые распространяются на коммерческой основе.

Вместе с тем в Республике Беларусь далеко не все организации могут себе позволить платить немалые деньги за использование нескольких лицензионных программ и за покупку их обновлений. Поэтому альтернативой коммерческим программам может составить свободно распространяемое программное обеспечение (ПО).

Одной из свободно распространяемых электронных обучающих систем является Moodle – модулярная объектно-ориентированная динамическая обучающая среда, предназначенная для on-line образования. Электронная оболочка Moodle – это свободное программное обеспечение с лицензией GPL, что дает возможность бесплатного использования системы, а также ее безболезненного изменения в соответствии с нуждами образовательного учреждения и интеграции с другими продуктами. Однако кроме данной системы существуют еще несколько: TurboSite [9], Help&Manual, MindManager и ряд других.

Основной целью создания УМК является предоставление обучающимся полного комплекта учебно-методических материалов для самостоятельного изучения дисциплины.

Преимуществом ЭУМК является наличие сгруппированного материала, который включает в себя программы лекций и практических занятий, темы рефератов, программы экзаменов и зачетов, а также методические рекомендации студентам по освоению учебных дисциплин, списки рекомендуемой литературы. Представление материала в презентационной форме даст возможность стимулировать предметно-образную память у студентов, познавательную и творческую их активность, позволяя увеличить коэффициент усваиваемого учебного материала, повышая интерес обучаемых к преподаваемому предмету.

Несмотря на высокую трудоемкость процедуры первоначальной разработки электронного учебно-методического комплекса, издержки на его создание вполне окупаются при использовании в процессе обучения студентов. Нами данный вопрос изучался в рамках написания дипломной работы в 2019 году. В результате защиты дипломной работы получен диплом о переподготовке на уровне высшего образования по специальности «Педагогическая деятельность специалистов». В 2020–2021 годах были разработаны четыре электронных учебно-методических комплекса по дисциплинам, преподающимся на кафедре ГТС и водоснабжения для студентов УО БГСХА [10, 11, 12, 13].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Концепция информатизации системы образования Республики Беларусь на период до 2020 г.: [Электронный ресурс]: утв. постановлением министра образования Респ.

Беларусь, 24 июня 2013 г. – Режим доступа: <https://edu.gov.by/statistics/informatizatsiya-obrazovaniya/>. – Дата доступа: 17.12.2021.

2. Концепция цифровой трансформации процессов в системе образования Республики Беларусь на 2019–2025 годы: [Электронный ресурс]: утв. постановлением министра образования Респ. Беларусь, 15 марта 2015 г. – Режим доступа: <https://moiro.by/>. – Дата доступа: 17.12.2021.

3. Методические рекомендации разработчикам электронных учебно-методических комплексов по дисциплинам для высших учебных заведений Республики Беларусь [Электронный ресурс]: утв. Министерством образования Респ. Беларусь, 29 дек. 2008 г. – Режим доступа: <https://edu.gov.by/>. – Дата доступа: 17.12.2021.

4. Положение об электронном учебно-методическом комплексе по дисциплине для высших учебных заведений Респ. Беларусь [Электронный ресурс]: утв. Министерством образования Респ. Беларусь, 29 дек. 2008 г. – Режим доступа : [https://www.adu.by/wp-content/uploads/2014/normpravo/uchebnyje\\_izdaniya\\_/polojenija\\_ob\\_uchebno-metodicheskikh\\_kompleksah.doc](https://www.adu.by/wp-content/uploads/2014/normpravo/uchebnyje_izdaniya_/polojenija_ob_uchebno-metodicheskikh_kompleksah.doc) – Дата доступа: 17.12.2021.

5. ГОСТ 7.83-2001. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Электронные издания. Основные виды и выходные сведения [Электронный ресурс]: <http://docs.cntd.ru/document/1200029040>. – Дата доступа: 17.12.2021.

6. Методические рекомендации по разработке электронного учебно-методического комплекса для дистанционного обучения / Э. М. Калицкий [и др.]. – Минск, 2012. – 12 с.

7. Лозицкий, В. Л. Электронный учебно-методический комплекс по дисциплинам социально-гуманитарного цикла. Научно-методические основы создания и системного применения / В. Л. Лозицкий. – Минск: РИВШ, 2012. – 224 с.

8. Учебно-методический комплекс: модульная технология разработки: учеб.-метод. пособие / А. В. Макаров [и др.]. – Минск: РИВШ БГУ, 2001. – 118 с.

9. Технология разработки электронных учебно-методических комплексов: учебно-методическое пособие для преподавателей и слушателей системы повышения квалификации и переподготовки кадров / Л. И. Молчина [и др.]. – Минск: БНТУ, 2015. – 63 с.

10. Боровиков, А. А. Электронный учебно-методический комплекс по дисциплине «Инженерная геология и гидрогеология» для студентов УО БГСХА, обучающихся по специальности 1-74 05 01 «Мелиорация и водное хозяйство» / А. А. Боровиков. – Государственный регистр информационных ресурсов (Регистрационное свидетельство № 7682023699 от 21.10.2020 г.).

11. Васильева, Н. В. Электронный учебно-методический комплекс по дисциплине «Рыбохозяйственная гидротехника» для студентов УО БГСХА, обучающихся по специальности 1-74 03 03 «Промышленное рыбководство» / Н. В. Васильева, А. А. Боровиков. – Государственный регистр информационных ресурсов (Регистрационное свидетельство № 7692125591 от 12.05.2021 г.).

12. Боровиков, А. А. Электронный учебно-методический комплекс по дисциплине «Гидротехнические сооружения» для студентов УО БГСХА, обучающихся по специальностям 1-74 04 01 «Сельское строительство и обустройство территорий», 1-74 05 01 «Мелиорация и водное хозяйство» / А. А. Боровиков, Т. Н. Ткачева. – Государственный регистр информационных ресурсов (Регистрационное свидетельство № 7702125814 от 07.06.2021 г.).

13. Боровиков, А. А. Электронный учебно-методический комплекс по дисциплине «Геология и буровое дело» для студентов УО БГСХА, обучающихся по специальности 1-74 04 01 «Сельское строительство и обустройство территорий» / А. А. Боровиков. – Государственный регистр информационных ресурсов (Регистрационное свидетельство № 7702125815 от 07.06.2021 г.).

**ВЛИЯНИЕ ИНОКУЛЯЦИИ СЕМЯН ТРАВ  
И ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ  
НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ  
И ПРОДУКТИВНОСТЬ МНОГОЛЕТНИХ БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ  
ТРАВ**

**А. С. Кукреш**, канд. с.-х. наук, доцент  
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** бактериальные препараты, агрохимические показатели, минеральные удобрения, азот, фосфор, многолетние травы, травосмеси, биологический азот, урожайность.

**Аннотация.** В данной статье показано, что применение бактериальных препаратов на фоне с внесением полной дозы минеральных удобрений способствует повышению содержания в почве элементов питания, улучшает условия для формирования симбиотического аппарата, а следовательно, положительно сказывается на продуктивности бобово-злаковых травосмесей.

**Keywords:** bacterial drugs, agricultural science, mineral fertilizers, nitrogen, phosphorus, perennial trains, grass mixtures, biological nitrogen, and productivity.

**Annotation.** This article shows that the use of bacterial drugs against the background with a complete dose of mineral fertilizers helps to increase the content of nutrition elements in the soil, improves the conditions for the formation of symbiotic complex, and therefore positively affects the productivity of bea-green grass.

**Введение.** При устранении неблагоприятных факторов путем проведения мелиоративных мероприятий важным фактором является освоение земель, приведения их в пригодное для выращивания сельскохозяйственных культур, а также доведение плодородия почв и их агрохимических показателей до уровня не ниже среднего значений. Таким способом при освоении земель, несомненно, является использование биологических особенностей сельскохозяйственных культур, а конкретнее многолетних трав. Здесь ключевым фактором может послужить способность бобовых трав фиксировать азот из атмосферы, и

соответственно усилить данный процесс можно применением симбиотических бактериальных препаратов. Для того чтобы травостой не был чисто бобовым, а корм из него получался с достаточным содержанием клетчатки в травостой лучше всего добавлять злаковые травы в виде тимофеевки луговой, овсяницы луговой и костреца безостого. Все это вышеперечисленное может способствовать, не только получить качественный корм для сельскохозяйственных животных полноценных по содержанию кормовых единиц и переваримого протеина, но и улучшить свойства мелиорированных почв. Важное значение имеет и обеспечение почвы легкодоступными формами фосфора путем использования фосфатмобилизирующих препаратов.

Наиболее важным условием для роста растений является содержание усвояемого азота и подвижного фосфора в почве и почвенном растворе. Содержание азота в почве можно увеличить путем внесения азотных удобрений, либо путем инокуляции семян трав специальными препаратами. Препараты активизируют процесс молекулярной фиксации азота из атмосферы и создают предпосылки для отказа от азотных удобрений на луговых угодьях, либо снижение их дозы до минимальной (40 кг по д. в.). Что касается фосфора, то его содержание в почве достаточно велико, но огромная его часть содержится в труднодоступной для растений форме. Для его высвобождения мы рекомендуем к использованию фосфатмобилизирующие препараты, которые способствуют мобилизации данного элемента. В Республике Беларусь проведен ряд опытов по изучению использования данного типа препаратов на различных сельскохозяйственных культурах. Исследования показывают высокую эффективность этих препаратов на таких культурах, как горох посевной, люпин узколистный, соя, галега восточная (Т. Ф. Персикова, А. В. Какшинцев), однако исследований по изучению эффективности применения на сенокосных сложнокomпонентных травостоях бактериальных препаратов не проводилось.

**Методика и материалы исследований.** Для решения этих задач в 2017–2018 гг. на опытном поле академии были проведены исследования по определению эффективности применения препаратов, содержащих штаммы бактерий на разных фонах минеральных удобрений при возделывании бобово-злаковых травосмесей первого и второго года жизни, включающей: клевер луговой, клевер ползучий овсяница луговая, кострец безостый.

Опыт включал три блока: без применения удобрений (контроль) применение удобрений  $P_{60}K_{110}$  и  $P_{60}K_{110} + N_{40}$ . Варианты с обработкой

семян включали: контроль (без обработки семян препаратами), обработка семян сапронитом, и совместное применение сапронита и фитостимофоса.

Семена обрабатывали в расчете физической массы 200 г препарата на гектарную норму высева. Агрохимические показатели до проведения эксперимента на массиве под опытом представлены ниже (табл. 1).

Таблица 1. Агрохимические показатели почв опытного участка

Горизонт, см	рН в КСl	Нг, мг-экв. на 100 г почвы	Гумус, %	Содержание элементов минерального питания, мг на 1 кг почвы	
				P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
0–20	6,6	0,86	1,68	178	92
20–40	6,1	1,16	0,67	98	64

Полевые опыты и лабораторные анализы, а также обработка данных выполнялась согласно общепринятым методикам проведения полевых опытов. Судя по агрохимическим показателям почвы данные почвы, обладают средним уровнем плодородия и являются пригодными для возделывания многолетних трав. Однако уровень плодородия желает лучше по содержанию гумуса, подвижных форм фосфора и обменного калия.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Выращивание многолетних бобово-злаковых трав и применение бактериальных препаратов в течение двухлетнего периода эксплуатации мелиорированных земель оказало положительное влияние на содержание в почве элементов минерального питания (табл. 2). Из таблицы видно, что применение удобрений и повышение микробиологической активности почв привело к увеличению содержания в почве форм азота и фосфора. Так применение полного удобрения позволило повысить содержание в 100 г почвы азота на 14 мг, а применение бактериального препарата сапронит позволило повысить содержание азота по сравнению с вариантом без инокуляции от 24,3 до 28,6 мг/100 г почвы. Совместное применение сапронита и фитостимофоса также оказало положительное влияние на содержание азота но в меньшей степени. Увеличение содержание форм фосфора произошло более существенно на вариантах с совместным применением сапронита и фитостимофоса.

Наибольшие значения накопления биологического азота травосмесью прослеживались в вариантах с сочетанием обработки семян бобовых трав сапронитом и использованием минеральных удобрений. Так применение сапронита на контроле без использования удобрений спо-

способствовало увеличению накопления биологического азота в среднем за годы исследований на 24,8, на фоне  $P_{60}K_{110}$  на 34,4 и  $P_{60}K_{110} + N_{40}$  – 35,3 кг/га по сравнению с аналогичными вариантами без инокуляции (табл. 3).

Таблица 2. Содержание в почве элементов минерального питания, кг/га

Вариант	Содержание N мг/100 г почвы	Содержание $P_2O_5$ мг/100 г почвы
<b>Контроль (без удобрений)</b>		
Без инокуляции	89,1	178,0
Сапронит	113,4	179,0
Сапронит + фитостимифос	109,4	178,7
<b><math>P_{60}K_{110}</math></b>		
Без инокуляции	89,2	183,7
Сапронит	128,0	184,6
Сапронит + фитостимифос	117,4	190,3
<b><math>P_{60}K_{110} + N_{40}</math></b>		
Без инокуляции	103,2	184,5
Сапронит	131,8	185,1
Сапронит + фитостимифос	121,4	190,4

Положительный эффект накопления биологического азота за счет фиксации его из атмосферы получен также при совместном применении для инокуляции семян злаковых и бобовых трав симбиотического препарата сапронита и фосфатмобилизующего препарата фитостимифоса.

Увеличение накопления биологического азота травосмесью на контроле без применения удобрений составило 8,0 на фоне  $P_{60}K_{110}$  17,0, и на фоне  $P_{60}K_{110}$  и стартовой дозы азота – 20,0 кг/га по сравнению с вариантами без инокуляции. Использование бактериальных препаратов для обработки семян многолетних трав на фоне минеральных удобрений способствовало повышению урожайности травостоя (табл. 3).

В среднем за годы исследований использование минеральных удобрений способствовало увеличению урожайности травосмеси в сумме за 2 укоса на 1,26 т/га, а использование стартовой дозы азота вдобавок к фону минерального питания  $P_{60}K_{110}$  соответственно на 2,84 т/га. Из изучаемых бактериальных препаратов наиболее эффективным было использование для обработки семян бобовых компонентов травосмеси симбиотического препарата сапронит. Применение данного препарата способствовало повышению урожайности бобово-злаковой травосмеси на контроле без удобрений на 0,85;  $P_{60}K_{110}$  – 1,09 и  $N_{40}P_{60}K_{110} +$  орошение – на 1,24 т/га по сравнению с соответствующими вариантами без инокуляции.

Таблица 3. Накопление биологического азота бобово-злаковой травосмесью и урожайность

Вариант	Годы исследований		В среднем за 2 года, кг/га	Урожайность, т/га сухого вещества
	2017	2018		
<b>Контроль (без удобрений)</b>				
Без инокуляции	48,1	29,6	38,8	6,91
Сапронит	76,0	51,2	63,6	7,76
Сапронит + фитостимифос	75,4	49,3	62,3	7,41
<b>P<sub>60</sub>K<sub>110</sub></b>				
Без инокуляции	60,4	40,1	50,2	8,17
Сапронит	96,9	72,3	84,6	9,26
Сапронит + фитостимифос	94,8	71,7	83,2	8,91
<b>P<sub>60</sub>K<sub>110</sub> + N<sub>40</sub></b>				
Без инокуляции	61,2	41,9	51,5	9,75
Сапронит	97,3	76,4	86,8	10,99
Сапронит + фитостимифос	96,2	74,9	85,5	10,65
НСП <sub>05</sub> (А)				0,14–0,46
НСП <sub>05</sub> (В)				0,16–0,33

**Выводы.** Таким образом, наиболее перспективным приемом повышения плодородия мелиорируемых земель, а также продуктивности и эффективности возделывания бобово-злаковых травосмесей является использование бактериального препарата сапронит на фоне с внесением стартовой дозы азота N<sub>40</sub>. Это позволит улучшить условия произрастания многолетних трав и развития полезной микрофлоры, повысить содержание в почве элементов минерального питания и получать высокие урожаи многолетних трав высокого качества, а также сократить дозы применения азотных удобрений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Корнилов, А. А. Продвижение эспарцета в засушливые и степные районы и роль клубеньковых бактерий / А. А. Корнилов, В. Г. Вергелецкая // Микробиология. – 1952. – Вып. 4, Т. 20 – С. 423–428.
2. Мишустин, Е. Н. Клубеньковые бактерии и инокуляционный процесс / Е. Н. Мишустин, В. К. Шильникова. – М.: Наука, 1973. – 288 с.
3. Bushby, H. V. A. and another. Water status of rhizobia in relation to their susceptibility in desiccation and to their protection by montmorillonite / H. V. A. Bushby, K. C. Marschall – Gen. Microbiol. – 1977. – Vol. 99, № 1. – P. 19–27.
4. Агафонова, Е. В. Применение ризоторфина на горохе / Е. В. Агафонова, М. Ю. Стукалов, Л. Н. Агафонова // Земледелие. – 2002. – № 5. – С. 28.
5. Ганичева, В. В. Влияние луговых трав на агрохимические свойства почвы / В. В. Ганичева // Кормопроизводство. – 2002. – № 9. – С. 19–21.

## ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АГРОЛАНДШАФТОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**Т. Н. Ткачева**, ст. преподаватель  
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** сельское хозяйство, деградация ландшафтов, опасные факторы, виды загрязнения почв, тяжелые металлы.

**Аннотация.** Изучены различные источники загрязнения агроландшафтов Республики Беларусь. Определены основные причины деградации ландшафтов. Установлены, что применение пестицидов в последние годы в Республике Беларусь возросло в 2,4 раза что приводит к деградации ландшафтов.

**Keywords:** agriculture, landscapes degradation, dangerous factors, types of soil pollution, heavy metals.

**Annotation.** Various sources of pollution of the agrolands of the Republic of Belarus have been studied. The main causes of landscapes degrades are determined. It has been established that the use of pesticides in the next years in the Republic of Belarus increased by 2, 4 times, which leads to landscapes degradation.

Сельскохозяйственное производство является наиболее длительным по времени и значительным по масштабности проявления фактором воздействия на окружающую среду. Сельскохозяйственные ландшафты, или агроэкосистемы, занимают менее 30 % от площади суши планеты. В настоящее время сельскохозяйственные земли занимают 43 % общей площади Беларуси, из них 62 % приходится на пашню, 38 % – на кормовые угодья. Основной пахотный фонд Беларуси (52 % пашни) составляют дерново-подзолистые почвы, для повышения плодородия которых необходимо проводить известкование, вносить достаточное количество органических и минеральных удобрений.

На территории Беларуси основными причинами деградации земель являются водная и ветровая эрозия, радиоактивное и химическое загрязнение, минерализация осушенных торфяных почв, трансформация земель в результате добычи полезных ископаемых и строительства, подтопление и заболачивание, выгорание осушенных торфяников, нерациональное использование земель.

В свою очередь земли, подвергнутые деградации, влияют на местные и региональные климатические условия. Это обстоятельство достаточно ярко проявилось в последние десятилетия в южной части республики (Белорусское Полесье). Вследствие того, что здесь мелиоративное преобразование земель затронуло обширные пространства и изменило геофизический и водный режимы природных экосистем, это внесло заметные изменения в климат приземного слоя воздуха и почв всего региона.

Одним из наиболее опасных факторов деградации является загрязнение почв, под которым понимается поступление в почву химических, биологических, радиоактивных и механических загрязнителей в количествах и концентрациях, превышающих способность почв к их разрушению, утилизации, включению в биологический круговорот веществ [1].

Основные источники загрязнения почв – сельскохозяйственное производство, промышленность, автотранспорт, коммунально-бытовое хозяйство. К потенциальным загрязнителям почв можно отнести любые химические соединения, поступающие в почву в чрезмерных концентрациях. Из них к наиболее опасным относятся тяжелые металлы, остатки пестицидов, нефтепродукты, стойкие органические загрязнители (СОЗ) и др.

Из источников загрязнения, связанных с сельскохозяйственным производством, к категории наиболее масштабных относятся с.-х. химизация и интенсивное животноводство. Возросшие объемы химизации способствовали росту урожайности с.-х. культур, но в то же время обусловили усиление воздействия на окружающую среду. Наблюдения за химическим загрязнением почв на фоновых территориях являются одним из направлений мониторинга земель, проводимого в рамках национальной системы мониторинга окружающей среды (НСМОС). Мониторинг фонового загрязнения почв осуществляется на сети пунктов наблюдений, включающих около 100 объектов, размещенных по всей территории страны. Пункты наблюдений представлены пробными площадками, где поочередно с периодичностью один раз в 3 года производится отбор и исследование почв на содержание приоритетных для территории Беларуси загрязняющих веществ. Результаты химико-аналитических исследований отобранных проб почв показали, что содержание загрязняющих веществ в почвах изучаемых территорий практически не изменилось относительно результатов прошлых лет.

Тем не менее в ряде мест, прилегающих к крупным животноводческим комплексам и вблизи городов, имеет место загрязнение почв тя-

желыми металлами. Всего превышение ПДК, например, по цинку было отмечено на 180 тыс. га, по меди – на 260 тыс. га, по свинцу и кадмию соответственно на 100 тыс. и 45 тыс. га сельскохозяйственных угодий.

Дополнительным источником тяжелых металлов является их содержание в виде примесей минеральных, органических удобрений, а также в продуктах переработки мусора и сточных водах, используемых для поднятия плодородия почв. Проблема усугубляется отсутствием должного контроля по данному вопросу. Вместе с тем, например, минеральные фосфорные удобрения в среднем имеют примеси кадмия 4 мг/кг, свинца 39 мг/кг, цинка 48 мг/кг и т. д.

Следует отметить, что проводить мониторинг почв на содержание нитратов сложно вследствие их высокой подвижности и быстрого вымывания из почвенных экосистем. В результате нитраты, так же как и другие соединения, попадают не только в продукты питания, но и в грунтовые воды. Как следствие, повышенное содержание нитратов отмечено на ряде водозаборов, расположенных в зоне влияния сельскохозяйственных объектов. Очевидно, что оптимизировать качество вод можно только при соответствующем рациональном управлении сельскохозяйственными экосистемами. Имеет место также локальное засоление почв, прежде всего вблизи автомобильных дорог, что связано с интенсивным использованием со держащих соль отходов для борьбы с обледенением в зимний период.

Биологическое загрязнение обуславливается главным образом воздействием интенсивного сельскохозяйственного животноводства и коммунального хозяйства. К потенциальным источникам биологического загрязнения можно отнести животноводческие стоки, сбросные воды, свалки бытового мусора, скотомогильники. Основные загрязнители – это патогенные микроорганизмы, гельминты.

Механическое загрязнение. Основные источники – промышленность, коммунальное хозяйство, бытовой сектор. К потенциальным загрязнителям почв относятся отходы промышленного производства, размещаемые на так называемых полигонах, строительный и бытовой мусор.

Некоторая часть отходов производства (3–4 классов опасности и неопасных) захоранивается на полигонах коммунальных отходов. Это характерно для областных и районных центров, в которых не хватает мощностей или отсутствуют специализированные объекты размещения отходов производства. Большинство объектов размещения производственных отходов (75,5 %) эксплуатируется уже более 25 лет.

Радиоактивное загрязнение. Основные потенциальные источники – это месторождения радиоактивных руд, аварии на АЭС, ядерные испытания, захоронения ядерных отходов. В Беларуси радиоактивное загрязнение связано, прежде всего, с аварией на Чернобыльской АЭС.

В результате катастрофы было загрязнено около 23 % территории, основными загрязнителями являются  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ .

Большая часть радионуклидов, выпавших на почву, остается в ее верхних слоях и в настоящее время. Глубина и скорость их вертикального перемещения зависит от типа почвы. В дерново-подзолистых почвах они накапливаются в верхних горизонтах, в торфяно-болотных проникают на глубину до 40–45 см. Своеобразным барьером, связывающим от до 98 % цезия и до 45 % стронция, является гумусовый слой.

Наряду с вертикальной миграцией имеет место горизонтальная миграция под воздействием водной и ветровой эрозии, с поверхностным стоком, дождевыми потоками и т. д.

За послеаварийный период радиационная обстановка на сельскохозяйственных землях значительно улучшилась. Произошел распад короткоживущих радионуклидов. Концентрация долгоживущих радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в почве уменьшилась более чем на 1/3 только по причине естественного распада. Наблюдается постепенное уменьшение площади используемых загрязненных земель.

Основные массивы сельскохозяйственных угодий, загрязненных Cs, сосредоточены в Гомельской (47,0 % общей площади) и Могилевской (23,8 %) областях. В Брестской, Гродненской и Минской областях доля загрязненных земель невелика и составляет соответственно 6,5 %, 2,6 и 3,6 %. Загрязнение территории  $^{90}\text{Sr}$  имеет более локальный характер. Загрязнение почвы стронцием-90 с плотностью более 6 кБк/м<sup>2</sup> обнаружено на 10 % от общей площади страны. Максимальные уровни содержания Sr в почве выявлены в границах 30-километровой зоны ЧАЭС, достигали величины 1798 кБк/м<sup>2</sup> в Хойникском районе Гомельской области. Земли, загрязненные  $^{90}\text{Sr}$ , находятся в пределах зон, загрязненных  $^{137}\text{Cs}$ , что весьма затрудняет сельскохозяйственное производство. Из общей площади земель, загрязненных  $^{90}\text{Sr}$  (347,1 тыс. га), 329,4 тыс. га сельскохозяйственных угодий, включая 188,7 тыс. га пашни и многолетних насаждений, сосредоточены в Гомельской области. Здесь доля загрязненных пахотных и луговых почв составляет 26,8 % от общей площади используемых сельскохозяйственных земель. В Могилевской области доля загрязненных  $^{90}\text{Sr}$  пахотных и луговых почв значительно ниже – соответственно 1,2 и 1,7 % [2].

Загрязнение природной среды продуктами разложения минеральных удобрений оказывает негативное влияние практически на все звенья биосферы, в том числе отрицательно сказывается на живых организмах. Процессы аммонификации, нитрификации приводят к попаданию соединений азота (аммиака, оксидов, двуокиси азота) в атмосферу. Это является одной из причин разрушения озонового экрана, выпадения кислотных дождей и т. д.

Динамика использования минеральных удобрений в сельском хозяйстве в расчете на один га сельскохозяйственных земель, кг всего нитраты в результате вымывания из пахотного горизонта накапливаются в подземных водах, что значительно снижает их пригодность для питья. Тяжелые металлы, присутствующие в минеральных удобрениях, попадая через растениеводческую продукцию в организм животных и человека, вызывают различные заболевания. Избыток хлора и фтора нарушает окислительно-восстановительные процессы, приводит к флюорозам и др.

Нерациональное использование удобрений приводит к ухудшению агрохимических свойств, плодородия и экологического состояния почвы.

Минеральные удобрения (особенно азотные) интенсифицируют кислотность почвенного раствора. Подкисление почв, в свою очередь приводит к снижению количества доступных элементов питания, увеличению концентрации аммония в почве, к потерям гумуса.

Интенсивное внесение удобрений нарушает баланс почвенных экосистем, оказывая отрицательное влияние на структуру ее микробного сообщества, биологическую активность и биологические процессы. Загрязнение тяжелыми металлами снижает жизнеспособность полезных организмов, приводит к падению численности в почве насекомых и дождевых червей, в то же время количество грибов, подавляющих активность почвенных ферментов, возрастает.

Изменение биологического режима – главная причина снижения содержания гумуса, после разложения, которого большая часть азота вымывается и становится источником загрязнения вод нитратами.

Превышение предельно допустимых концентраций тяжелых металлов, нитратов и других загрязнителей в продуктах питания негативно сказывается на здоровье людей и животных.

Попадание биогенных элементов, в первую очередь фосфора и азота, в окружающую среду приводит к эвтрофикации поверхностных водоемов и загрязнению подземных водных источников. Эвтрофика-

ция приводит к появлению в воде опасных возбудителей болезней и интенсивному заболачиванию водоемов.

Наряду с косвенным воздействием, минеральные удобрения могут быть причиной прямого отравления и гибели водных организмов, в частности, нарушения процессов жизнедеятельности амфибий, головастиков, рыб и т. д.

Нарушение оптимального баланса питания при непропорциональном внесении отдельных видов удобрений, например, азота, приводит к снижению сопротивляемости растений к болезням, что негативно сказывается на фитосанитарном состоянии посевов.

Экологические проблемы применения пестицидов в условиях интенсификации сельскохозяйственного производства не представляется возможным полностью отказаться от применения пестицидов. По оценкам экспертов ФАО, в этом случае урожайность сельскохозяйственных культур сократится на 25–30 %.

В последние годы в Беларуси отмечается неуклонная тенденция к увеличению количества используемых пестицидов. Применение пестицидов возросло с 4,3 до 10,5 тыс. т, или в 2,4 раза. При этом применение гербицидов увеличилось в 2,8 раза, инсектицидов – в 1,4, фунгицидов – в 1,8, регуляторов роста – в 7, десикантов и дефолиантов – в 3 раза. Использование биопрепаратов сократилось почти в 15 раз. Использование средств химической защиты растений является одной из наиболее тревожных проблем, связанных с загрязнением окружающей среды. Масштабное использование пестицидов, обеспечивая получение более высоких урожаев, приводит к деградации ландшафтов [3].

Пестициды обладают токсическими свойствами, поэтому исключительно важно изучить пути их миграции, особенности накопления, скорости и условий разложения, влияние на компоненты биоценозов и здоровье человека.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гальперин, М. В. Общая экология: учебник / М. В. Гальперин. – М.: Форум, 2016. – 336 с.
2. Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: метод. указания / под общ. ред. И. М. Богдевича. – Минск, 2010. – 64 с.
3. Логинов, В. Ф. Природная среда Беларуси / В. Ф. Логинов. – Минск: НООО «БИПС», 2008. – С. 246.

## РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОДНОГО И ПИТАТЕЛЬНОГО РЕЖИМОВ ПОЧВЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ

**Л. В. Шуляков**, доцент

**Н. П. Хруцкая**, ст. преподаватель

**П. В. Жаренков**, студент

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** картофель, оперативное регулирование, водный режим, питательный режим, математические модели.

**Аннотация.** Приведены требования растений картофеля к факторам внешней среды, современные подходы к управлению его произрастания. Важным показателем состояния водного режима растений является интенсивность транспирации. Рассмотрена возможность оперативного регулирования водного и питательного режимов почвы с целью повышения эффективности работы мелиоративных систем. Получены математические модели позволяющие оценить изменение содержания влаги и питательных веществ в почве за заданный период времени и использовать эту информацию для оперативного управления водно-питательным режимом почвы.

**Keywords:** potatoes, operational regulation, water regime, nutritional mode, mathematical models.

**Annotation.** The requirements of potato plants are presented to the factors of the external environment, modern approaches to the management of its growth. An important indicator of the state of the water regime of plants is the intensity of transpiration. Considers the possibility of operational regulation of the aqueous and nutrient soil regimes in order to increase the efficiency of landlord systems. Mathematical models have been obtained to estimate the change in moisture content and nutrients in the soil for a specified period of time and use this information for the operational control of the water-nutrient regime of the soil.

Комплексное, научно обоснованное сочетание и использование таких факторов, как интенсивные технологии, высокопродуктивные севообороты, может увеличить урожайность до потенциально возможных величин, удовлетворяя при этой требованиям окружающей среды.

Анализ колебаний урожайности по годам, показывает, что эти колебания связаны с дефицитом тепла, а в теплые засушливые годы с дефицитом влаги. Следовательно, получение высоких гарантированных урожаев при выращивании сельскохозяйственных культур, регулирование водного и питательного режимов становится необходимым технологическим приемом, и особенно оптимальное их сочетание, как факторов жизни растений [1].

Осуществление программированного возделывания посевов по интенсивным технологиям представляет собой сложную многоплановую задачу, поскольку оно предполагает учет многофакторной, непрерывно меняющейся ситуации сельскохозяйственного производства, включающей непредсказуемый характер погодных условий, сложные и во многом неопределенные реакции растений на воздействия комплекса факторов внешней среды, а также экономические аспекты производства. Как отличительными особенностями современного подхода к управлению произрастания сельскохозяйственных культур, можно отметить: переход к количественной оценке влияния различных факторов на урожайность культур; комплексный учет агроэкологических и технологических условий производства; индивидуальный подход к каждому полю; оперативный контроль за ходом производства.

Растение картофеля в различные периоды жизни потребляет разное количество влаги. До появления всходов потребность растений во влаге сравнительно невелика, по мере роста и развития ботвы она возрастает, а наивысшая потребность отмечается в период бутонизация-массовое цветение. Недостаток влаги в почве в этот период приводит к наиболее сильному снижению урожая клубней.

Важным показателем состояния водного режима растений является интенсивность транспирации. На этот процесс влияют как экзогенные (влажность почвы, температура и влажность воздуха, солнечная радиация, сила ветра и т. д.), так и эндогенные (физико-химическое состояние коллоидно-плазменной системы, физиолого-биохимические регуляторные механизмы) факторы. Значение транспирации очень велико.

С транспирационным током воды происходит передвижение питательных веществ из почвы через корни в надземные органы, регулируется температура растения. Основная часть транспирации осуществляется через устьичный аппарат, через него же в обратном направлении осуществляется диффузия углекислоты из воздуха к хлоропластам [2, 3, 4]. Совершенно определенно установлено, что интенсивность транспирации зависит от условий водообеспеченности.

Рассмотрим возможность оперативного регулирования водного и питательного режимов почвы с целью повышения эффективности работы мелиоративных систем. Для решения данной задачи наиболее обоснованным будет применение уравнений баланса, положенных в основу теории энерго- и массообмена, отражающих законы сохранения энергии вещества и энергии в природе. Они позволяют описать на микроуровнях закономерности обмена влаги и питательных веществ в корнеобитаемой среде в зависимости от характеристик влагопроводности почвогрунта и интенсивности испарения.

Изменение влагозапасов в пределах рассматриваемого массива за расчетный период в объеме активной зоны аэрации почвогрунтовой толщи можно описать уравнением:

$$\Delta W = ((P + m)(1 - \alpha) - E - E_T)\Delta t, \quad (1)$$

где  $\Delta W = W_K - W_H$  – изменение запасов влаги за расчетный период времени;

$W_K, W_H$  – запасы влаги на начало и конец периода;

$P + m$  – водоотдача за счет осадков и увлажнения;

$E$  – суммарное испарение (эвапотранспирация);

$E_T$  – транспирация влаги корневой системой;

$\alpha$  – коэффициент потерь (стоков и сбросов);

$\Delta t$  – расчетный период.

Аналогично описываем изменение запасов питательных веществ:

$$\Delta S = ((S_p + S_m)(1 - \beta) - S_T)\Delta t, \quad (2)$$

где  $\Delta S = S_K - S_H$  – изменение запасов питательных веществ за расчетный период;

$S_K, S_H$  – запасы питательных веществ на начало и конец периода, находящихся в почвенном растворе и в почвенно-поглопительном комплексе активной зоны аэрации;

$\beta$  – коэффициент потерь питательных веществ;

$S_T$  – количество питательных веществ, сорбируемых корневой системой растений;

$S_m$  – поступление питательных веществ за счёт осадков и увлажнения.

В свою очередь  $S_p = PC_p$ ;  $S_m = mC_m$ , где  $C_p, C_m$  – концентрации инфильтрационного потока осадков и вносимого в почву раствора.

Приведенные зависимости справедливы для верхнего слоя почвы зоны аэрации при условиях глубокого залегания грунтовых вод кото-

рые, таким образом, не участвуют в подпитывании и увлажнении корневой системы растений.

Приняв во внимание, что  $W = v(\tau)V$ , имеем  $W_H = v(t)V$ ,

$$W_K = v(\tau + \Delta\tau)V, \quad (3)$$

где  $v$  – средняя объемная влажность, в долях объема;

$V$  – объем активной зоны аэрации.

При  $\Delta\tau \rightarrow 0$  в балансовом уравнении (1) получим обыкновенное дифференциальное уравнение

$$V dv / d\tau = (P + m)(1 - \alpha) - E(1 - \lambda)V - Et\lambda V, \quad (4)$$

где  $\lambda$  – коэффициент, учитывающий распределение корней.

Решение уравнения (4) имеет вид:

$$v - v_0 = \int_0^\tau ((P(\tau) + m(\tau))(1 - \alpha) / V - E(\tau)(1 - \lambda) - Et(\tau)\lambda) d\tau, \quad (5)$$

где  $v_0$  – средняя влажность активной зоны аэрации на начальный момент времени.

В случае применения минеральных удобрений, их среднее содержание в активной зоне аэрации определяется уравнением

$$S = (vC + (vC / \alpha_1))V, \quad (6)$$

где  $C$  – концентрация почвенного раствора;

$v$  – средняя объемная влажность;

$\alpha_1$  – постоянная изотермы Генри.

При  $\Delta\tau \rightarrow 0$  в балансовом уравнении (2), получим уравнение

$$(1 + 1 / \alpha_1)Vd(vC) / d\tau = (P(\tau)C_p(\tau) + m(\tau)C_m(\tau))(1 - \beta) - St(\tau)\lambda V. \quad (7)$$

Решение уравнения (6) имеет вид:

$$vC - v_0C_0 = 1 / (1 + 1 / \alpha_1) \int_0^\tau (((P(\tau)C_p(\tau) + m(\tau)C_m(\tau))(1 - \beta)) / V - St(\tau)\lambda) d\tau, \quad (8)$$

где  $v_0C_0$  – начальное содержание, удобрений в единице объема почвогрунта.

Практическое применение описанной методики оперативного регулирования водного и питательного режимов почвы приведено в работе [5]. Имея данные наблюдений по текущим значениям интенсивности осадков, испарения, транспирации влаги, концентрациям вносимого

раствора при увлажнении и выпадении осадков, по полученным математическим моделям возможно оценить изменение содержания влаги и питательных веществ в почве за заданный период времени и использовать эту информацию для оперативного управления водно-питательным режимом почвы.

Общий технологический процесс производства сельскохозяйственной продукции требует всестороннего анализа и оценки эффективности принятой стратегии управления факторами жизнеобеспечения растений. Результаты этого анализа показывают, что регулирование водного режима почвы посредством орошения дождеванием, как лимитирующего фактора произрастания растений, востребуется только в том случае, если последовательность всех без исключения операций интенсивной технологии возделывания сельскохозяйственных культур от посева до хранения будут выполнены своевременно в оптимальные сроки, в соответствии с агротехническими требованиями.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Комплексное регулирование условий жизни растений на торфяных почвах / Г. И. Афанасик [и др.]. – Минск, 1988. – 136 с.
2. Лайск, А. Х. Кинетика фотосинтеза и фото дыхания  $C_3$  – растений / А. Х. Лайск. – М.: Наука, 1977. – 196 с.
3. Рубин, Б. А. Курс физиологии растений / Б. А. Рубин. – М., 1976. – 576 с.
4. Якушина, Н. И. Физиология растений / Н. И. Якушина. – М., 1980. – 303 с.
5. Шуляков, Л. В. Оперативное регулирование водного и питательного режимов почвы / Л. В. Шуляков // Модернизация мелиоративных систем и пути повышения эффективности использования осушенных земель: материалы конф. – Минск, 1998. – С. 193–197.
6. Полевой, А. Н. Агрометеорологические условия и продуктивность картофеля в Нечерноземье / А. Н. Полевой. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 120 с.

## СТАНОВЛЕНИЕ ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ КАК КОРМОПРОИЗВОДЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

**В. А. Волынцева**, ассистент

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** галега восточная, галега лекарственная, кормовая культура

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы эффективности интенсификации галеги восточной в кормопроизводстве Республики Беларусь.

**Keywords:** eastern galeg, medicinal galga, fodder culture

**Annotation.** The article discusses the effectiveness of the intensification of the galega eastern in the feed production of the Republic of Belarus.

Первые упоминания о галеге были сделаны еще в 1600 г. в Германии в г. Франкфурте. Объектом изучения сначала была галега лекарственная (*Galega officinalis* L.). В то время она рассматривалась не как кормовое растение, а исключительно как целебное и декоративное. В народной медицине ее использовали как мочегонное, лактогонное, секреторное и потогонное, антибактериальное и антигельминтное средство [1]. В 1773 г. в журнале «Deutschland ökonomische from» была помещена статья Краузе, который рекомендовал ввести в культуру галегу лекарственную на поля Германии как отличную кормовую траву. В 1865 г. галега стала пропагандироваться во Франции сельским учителем Жиле-Дамитом. Внедрение галеги лекарственной охватило многие страны Европы и дошло до России [2].

Галега восточная, в отличие от галеги лекарственной, из-за ограниченного природного ареала была менее известной, но также вызвала большой интерес в странах Западной Европы [3]. В отечественной литературе первые упоминания встречаются в 1868 г. в трудах Вольного экономического общества. В 1874 г. выходит статья «Кормовая трава козлятник», через некоторое время Н. К. Васильев в «Записках Императорского общества сельского хозяйства южной России» пишет о том, что галега восточная заслуживает «пробы», как и другие кормо-

вые культуры. В 1908 г. выходит работа А. Х. Роллова, в которой собран материал по всесторонней хозяйственной оценке 1550 видов растений Кавказа, в том числе приведены отдельные краткие данные о галеге восточной [3]. В диком виде она произрастает в Европе, Краснодарском крае, Дагестане, Грузии, Северной Армении, Азербайджане, на Балканах и является эндемичным растением флоры Кавказа.

В нашу страну галега восточная завезена в начале двадцатого столетия. Первые опыты с ней были проведены Тупиковой-Фрейман на метровых делянках в питомниках ВИРа (Бутырский хутор под Москвой и Щапово Московской области Подольского района) [4]. С 1926 г. проводил исследования за одним кустом галеги профессор Пермского университета А. А. Хребтов. Исследованиями Тупиковой-Фрейман и профессора А. А. Хребтовым было установлено, что в условиях Московской области и Урала культура быстро акклиматизируется, хорошо переносит заморозки, не поражается болезнями и вредителями, дает высокие урожаи зеленой массы и хорошо поедается животными.

В ходе экспедиций, организованных Всесоюзным институтом кормов им. В. Р. Вильямса, семена галеги восточной были собраны с дикорастущих растений в окрестностях Северо-Кавказских гор и завезены для изучения и акклиматизации во все ботанические сады бывшего Советского Союза.

Наиболее глубокое и всестороннее изучение культуры было проведено во ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса С. Н. Симоновым, который в своей книге «Галега – новая кормовая культура», изданной 1938 г., опубликовал полученные результаты исследований и литературные данные того времени. С. Н. Симонов впервые описал две разновидности галеги и показал преимущества по кормовой ценности галеги восточной в сравнении с галегой лекарственной. Учеными ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса многое сделано для распространения новой кормовой культуры во многих регионах бывшего СССР. Уже в 1940-е гг. галега выращивалась в производственных посевах в Московской, Ивановской, Тульской и Брянской областях [4, 5].

В Московской сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева опыты с галегой восточной проводились с 1978 г. под руководством П. П. Вавилова. Проведенные всесторонние исследования на протяжении всех последующих лет (во ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса, Пензенского НИИСХ, в Украине, Поволжье, Башкортостане, Сибири, Латвии) позволили установить, что галега восточная может успешно возделываться в Центрально-Черноземной зоне, Среднем Поволжье, Си-

бире на Урале, Сахалине, Камчатке и других территориях бывших республик Советского Союза.

В Беларуси впервые опыты с галегой восточной были заложены в 1931 г. в ботаническом саду Белорусской сельскохозяйственной академии. С 1952 г. началось ее опытно-производственное возделывание в колхозах и совхозах Горецкого района. Результаты исследований подтвердили возможность выращивания и использования галеги восточной на корм и семена в условиях Северо-восточной части Беларуси. При этом были выявлены не только положительные, но и отрицательные хозяйственно-биологические свойства культуры [4]. С 1981 г. на кафедре селекции и семеноводства БСХА под руководством доцента В. З. Шарапо началась селекционная работа с этой культурой. В 1999 г. исследования по селекции галеги восточной были продолжены под руководством доцента В. И. Бушуевой. По результатам трех лет конкурсного сортоиспытания был выделен лучший сортообразец, превысивший стандарт по урожайности и устойчивости к неблагоприятным факторам среды. В 2002 г. он под названием Нестерка передан в Государственное сортоиспытание, а с 2006 г. включен в Государственный реестр сортов Республики Беларусь и допущен к возделыванию в условиях производства.

В настоящий период в Республике Беларусь наиболее результативные исследования по галеге восточной проводятся в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству», РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», РНДУП «Полесский институт растениеводства», Центральном ботаническом саду НАН Беларуси, ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. Купревича», УО «Витебская государственная академия ветеринарной медицины» [6]. Сотрудниками этих учреждений изучены ботаническая характеристика и биологические особенности галеги, морфолого-анатомическое строение стебля, фенология и ритмика роста, требования к условиям произрастания, биохимический состав и кормовая ценность. Под их научно-методическим руководством проводится внедрение галеги восточной в сельскохозяйственное производство, организовано оригинальное и элитное семеноводство. Для успешного возделывания и внедрения галеги восточной в производство созданы новые высокоурожайные сорта, разработаны рекомендации по технологии их возделывания на корм и семена, как в одновидовых посевах, так и под покровом [3, 4]. Особое внимание уделяется изучению технологии

приготовления различных видов кормов, их качеству, поедаемости животными и переваримости.

Все это резко повысило интерес к галеге восточной со стороны производителей и указывает на то, что планируемые площади посева 10 тыс. гектаров она займет в ближайшие годы и будет служить важным источником интенсификации полевого кормопроизводства в Республике Беларусь.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лекарственные растения: использование в народной медицине и быту / Л. В. Пастушенков [и др.]. – Л.: Лениздат, 1990. – 384 с.
2. Лавренова, Г. В. Тысяча золотых рецептов народной медицины / Г. В. Лавренова, В. Д. Онишко. – СПб.: Издат. дом «Нева», 2004. – 352 с.
3. Трузина, Л. А. Козлятник восточный: история исследований и технологические основы возделывания в Нечерноземной зоне / Л. А. Трузина, С. В. Мосин // Кормопроизводство: проблемы и пути их решения: науч. тр. / Рос. акад. с.-х. наук, ГНУ «Всерос. науч.-исслед. ин-т кормов им. Вильямса». – Лобня, 2007. – С. 164–172.
4. Бушуева, В. И. Галега восточная: монография / В. И. Бушуева, Г. И. Тарануха. – 2-е изд., доп. – Минск: Экоперспектива, 2009. – 193 с.
5. Симонов, С. Н. Галега – новая кормовая культура / С. Н. Симонов. – М., 1938. – 66 с.
6. Зенькова, Н. Н. Биолого-технологические основы возделывания и использование галеги восточной: монография / Н. Н. Зенькова. – Витебск: ВГАВМ, 2008. – 162 с.

УДК 658.155:631.674.5:633.16

### ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОРОШЕНИЯ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

**Ю. В. Алехина**, канд. с.-х. наук, доцент

**Д. А. Дрозд**, ассистент

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** яровой ячмень, орошение, легкосуглинистые почвы, высота растений, урожайность.

**Аннотация.** Статья посвящена вопросам влияния орошения на урожайность и габитус ярового ячменя на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах. Установлено, что орошение с положительной стороны влияет как на урожайность зерна, так и на биологические параметры ярового ячменя. Поддержание почвенных влагозапасов в пре-

делах 80–100 % НВ обеспечивает существенную прибавку зерна, при высокой рентабельности его производства.

**Keywords:** spring barley, irrigation, alloyed soil, plant height, productivity.

**Annotation.** The article is devoted to issues of irrigation on the uro-embossing and gabitus of spring barley on sod-podzolic light-linite soils. It was established that irrigation from the positive side affects both grain yields and biological parameters of spring barley. Maintaining soil-based moisture disabilities within 80–100 % НВ provides a significant increase in grain, with high profitability of its production.

Яровой ячмень, является универсальной сельскохозяйственной культурой. Зерно, получаемое при его возделывании, пригодно как для кормления крупного рогатого скота, так и для изготовления пива. Относительно короткий период вегетации ячменя, позволяют использовать его в качестве покровной культуры при выращивании многолетних трав [1, 2].

При возделывании клевера лугового на землях учебно-опытного поля «Тушково-1», яровой ячмень выступал в качестве покровной культуре. В опыте был использован отечественный сорт ярового ячменя Страж 110. Норма высева принята равной 3,8 млн. шт. семян на 1 га с глубиной заделки семян 3 см и шириной междурядий 15 см. Возделывание ярового ячменя осуществлялось на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах, со следующими агрохимическими показателями: гумус – 1,53 %, рН – 5,80, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 304 мг/кг, K<sub>2</sub>O – 331 мг/кг. Водно-физические показатели почвы для расчетного слоя почвы 0–30 см составили: плотность сложения почвы 1,39 г/см<sup>3</sup>, наименьшая влагоемкость – 22,63 %.

Опыт заложен по следующей схеме:

1. Без орошения (контроль).
2. Полив при снижении влажности почвы до 80 % от наименьшей влагоемкости (80 % НВ).
3. Полив при снижении влажности почвы до 70 % от наименьшей влагоемкости (70 % НВ).

Орошение осуществлялось дождевальная установкой Lindsay-Europe Omega, поливными нормами 20 и 30 мм для вариантов 80 % НВ и 70 % НВ соответственно.

Наблюдения за метеорологическими условиями в период возделывания ярового ячменя помогли проследить за неравномерностью вы-

падения атмосферных осадков и компенсировать их за счет орошения. На момент уборки зерновых на вариантах с орошением было выполнено по 1 поливу. Следует отметить, что регулирование почвенных влагозапасов в заданных пределах повлияло не только на габитус ярового ячменя, но и на его продуктивную способность, что подтверждается результатами полевых наблюдений (табл. 1). Орошение оказало положительное влияние на высоту растений. Наибольшая высота растений замечена у посевов варианта 80 % НВ. Несколько меньше эти показатели у растений варианта 70 % НВ. У растений контрольного варианта опыта наблюдаются наименьшие значения. Орошение благоприятно повлияло и на размеры колоса и его озерненность. Например, средняя длина колоса и количество зерен в колосе при возделывании в условиях орошения возросло с 6,35 см и 16,85 шт., до 8,28 см и 21,65 шт. соответственно.

Таблица 1. Результаты определения влияния орошения на яровую ячмень

Показатели	Фон		
	Контроль	80% НВ	70% НВ
Средняя высота растений, см	61,98	86,63	65,22
Средняя длина колоса, см	6,35	8,28	6,99
Среднее количество зерен в колосе, шт.	16,85	21,65	17,56
Средняя масса зерен в 1 колосе, г	0,87	1,27	0,96
Масса 1000 зерен, г	52,99	57,84	52,41
Урожайность зерна, т/га	2,45	4,70	3,98
НСР <sub>05</sub>	0,15		

Регулирование почвенных влагозапасов в пределах 80–100 % НВ обеспечивает наивысшую и существенную прибавку урожайности зерна по отношению к контрольному варианту опыта в размере 2,25 т/га. С биологической точки зрения, орошение оказывает положительное влияние на рост и развитие ярового ячменя, но окончательную точку в данном вопросе, может поставить только расчет экономического эффекта (табл. 2).

Таблица 2. Экономическая эффективность орошения яровой ячменя

Показатели	Варианты орошения		
	Контроль	80% НВ	70% НВ
Сбор кормовых единиц, тыс. к. ед.	3,67	6,83	5,52
Производственные затраты, руб/га	438,60	657,91	608,43
Чистый доход, руб/га	218,99	575,73	460,85
Дополнительный чистый доход, руб/га	—	356,74	241,86
Рентабельность, %	49,93	87,51	75,74

При анализе табличных данных установлено, что применение орошения при возделывании ярового ячменя приводит к повышению производственных затрат с 438,60 руб/га до 657,91 руб/га. При этом регулирование почвенных влагозапасов в пределах 80–100 % от величины наименьшей влагоемкости гарантирует дополнительный чистый доход в размере 356,74 руб/га при рентабельности производства зерна в 87,51 %.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур: рекомендации / К. В. Коледа [и др.]; под общ. ред. К. В. Коледы, А. А. Дудука. – Гродно: ГГАУ, 2010. – 340 с.

2. Растениеводство / Г. С. Посыпанов [и др.]; под ред. Г. С. Посыпанова. – М.: КолосС, 2007. – 612 с.

УДК 556.388(476)

## МОНИТОРИНГ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

**Т. Н. Ткачева**, ст. преподаватель

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** подземные воды, оценка ресурсов, экологическая обстановка, скважины, мониторинг.

**Аннотация.** Изучены свойства и состав подземных вод Беларуси. Обозначены объекты наблюдения при проведении мониторинга подземных вод. Установлено, что среднее содержание основных макрокомпонентов в подземных водах в 2018 году по сравнению с 2017 практически не изменилась и находится в пределах от 0,04 до 0,26 ПДК, что свидетельствует об удовлетворительном качестве подземных вод.

**Keywords:** underground waters, resource assessment, environmental environment, wells, monitoring.

**Annotation.** The properties and composition of the groundwater of Belarus have been studied. Observation objects during monitoring of groundwater are indicated. It was established that the average content of the main macrocomponents in underground waters in 2018 has practically not

changed compared to 2017 and is in the range from 0.04 to 0.26 MPC, which indicates the satisfactory quality of groundwater.

Мониторинг подземных вод представляет собой систему регулярных наблюдений за состоянием подземных вод по гидрогеологическим, гидрохимическим и другим показателям, оценки и прогноза его изменения в целях своевременного выявления негативных процессов, предотвращения их вредных последствий и определения эффективности мероприятий, направленных на рациональное использование и охрану подземных вод. Объектами наблюдения при проведении мониторинга подземных вод в Беларуси являются грунтовые и артезианские подземные воды. Наблюдения проводятся подразделениями Государственного предприятия «НПЦ по геологии».

Наблюдательная сеть разделена на три ранга: национальный, фоновый и трансграничный. Каждый пункт наблюдения характеризует режим подземных вод определенного типа территории, что позволяет обоснованно экстраполировать результаты наблюдений по площади (рис. 1).

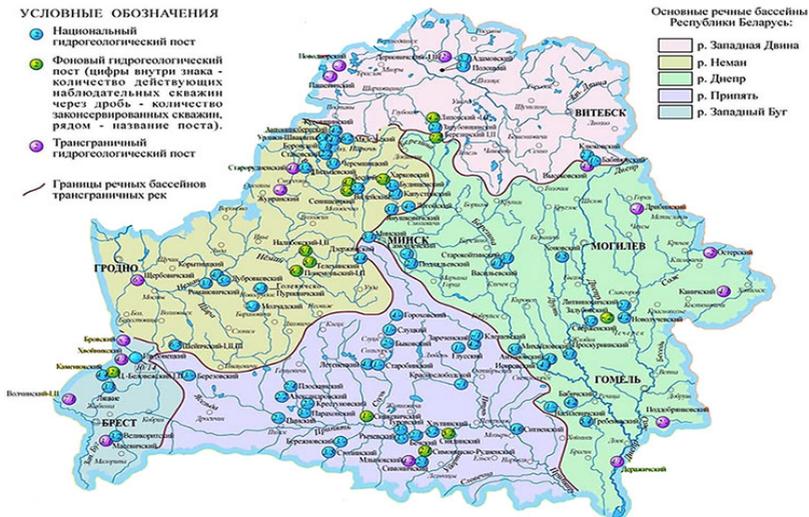


Рис. 1. Результаты наблюдений с 2006 по 2018 год

Подземные воды – богатство нашей страны. Они обеспечивают белорусов жидкостью хорошего качества. Позволяют поддерживать достаточно высокий уровень жизни. При этом большинство людей даже не задумываются о том, как экономить воду. Получают чистую жидкость при первой необходимости безо всяких усилий. Всего в стране выявлено около 200 месторождений пресных вод, используется около двух третей из них. Они же обеспечивают жидкостью 89 городов нашей страны, множество крупных населенных пунктов, предприятий, хозяйств. Большинство районов нашей столицы берет воду именно из подземных источников (рис. 2). На хозяйственно-питьевые нужды расходуется около 70 % жидкости, добываемой в стране.



Рис. 2. Схема расположения подземных вод Республики Беларусь

В этой статье мы решили обратить внимание на свойства и состав подземных вод Беларуси, их особенности.

Подземные воды Беларуси. Какие примеси в них могут содержаться? Казалось бы, подземные воды, т. е. воды, которые добываются из земных недр, должны быть идеально чистыми, никакие примеси содержаться в них не могут. Однако это, к сожалению, заблуждение. Да, чем глубже воды находятся, тем вероятность, что в них присутствуют вирусы и бактерии, меньше. Но на этом – все. Какие примеси чаще

всего находятся в подземных водах нашей страны? Это, прежде всего: железо (более чем из 70 % артезианских скважин страны получают воду, содержание железа в которой выше нормы); нитраты (следствие сельскохозяйственных и коммунально-бытовых выбросов, способны мигрировать на значительные расстояния); сульфаты (также следствие с.-х. и коммунально-бытовой деятельности, способствуют накоплению в воде сероводорода, дающего неприятный запах); соли жесткости (это соли магния и кальция, как раз те, благодаря которым образуется налет).

Все вышеперечисленные примеси, содержащиеся в подземных водах, способны нанести человеку серьезный вред. Так, железо имеет свойство накапливаться в организме, способствуют развитию самых различных заболеваний. Нитраты вызывают кислородное голодание практически всех человеческих органов, приводят к авитаминозу, нарушают работу щитовидной железы. Пить, использовать в пищевых целях такую воду недопустимо! А ведь содержание нитратов в нашей жидкости может быть достаточно велико! Сероводород также не улучшает качество жидкости, делает ее применение малоприятным. И при всем при этом, в белорусской подземной воде содержится совсем мало фтора и йода. Чему есть определенные природные причины.

Загрязняются подземные воды различными путями. Конечно же, сказывается и экологическая обстановка в целом, и наличие/отсутствие вблизи скважин поселений людей, производств, сельскохозяйственных угодий и хозяйств. Понятно, то все вышеперечисленное негативно сказывается на качестве жидкости. Нередко скважины, работающие долгие годы, приходится закрывать, запрещать их использование из-за большого количества примесей в них.

Как очистить воду? Конечно, подземные воды, прежде чем они поступят в наш дом, проходят очистку на станциях водоочистки. Там понижается уровень железа, снижается концентрация солей жесткости, убираются и другие примеси. Да, вода после такой обработки становится пригодной для питья, но не идеальной. Как же улучшить ее качество в бытовых условиях? Тут помогут фильтры для воды.

Прежде всего, для качественного устранения из жидкости железа, нитратов, солей жесткости, нейтрализации неприятных привкусов и запахов, используются: системы обратного осмоса; проточные фильтры. Именно данные устройства помогают сделать воду, которая приходит к нам из-под земли, действительно безупречно чистой. Какие

марки популярны сегодня в Беларуси? Прежде всего, Гейзер, Atoll, Аквафор. Также неплохую репутацию заработали фильтры Новая Вода. Выбор большой.

Подземные воды Беларуси – это наше богатство, но и оно несовершенно.

Регулярные наблюдения за состоянием подземных вод на режимных пунктах в комплексе с гидрометеорологическими наблюдениями служат для: изучения процессов формирования и изменения качества подземных вод в естественных и измененных деятельностью человека условиях; оценки ресурсов (запасов) подземных вод; анализа текущей ситуации с целью установления негативных изменений в подземных водах; районирования территории для экстраполяции оценок и прогнозов, полученных на пунктах наблюдений; оптимизации методики режимных исследований и т. д.

В бассейне рек Западный Буг и Неман в настоящее время плотность сети наблюдательных скважин больше, чем в других речных бассейнах за счет концентрации наблюдательных скважин на заповедных и природоохранных территориях (Беловежская Пуща, Налибокская Пуща, курортная зона Нарочь и др.). Самая низкая плотность сети в бассейне р. Западная Двина. В 2018 г. условия формирования ресурсов подземных вод и оценка антропогенных изменений при региональном переносе загрязняющих веществ в естественных и слабонарушенных условиях изучались на 97 гидрогеологических постах (далее – г/г пост) по 347 режимным наблюдательным скважинам (см. рис. 1).

Объектами наблюдения при проведении мониторинга подземных вод в Беларуси являются грунтовые и артезианские подземные воды. По речным бассейнам распределение гидрогеологических постов следующее: р. Западная Двина – 9 г/г постов, р. Неман – 30, р. Западный Буг – 10, р. Днепр – 24 и р. Припять – 24 г/г поста. По областям режимная наблюдательная сеть распределяется следующим образом: Брестская обл. – 21 г/г поста, Витебская обл. – 14 г/г постов, Гомельская обл. – 21 г/г постов, Гродненская обл. – 10 г/г постов, Минская обл. – 26 г/г постов, Могилевская обл. – 5 г/г постов.

Отбор проб воды из наблюдательных скважин осуществлялся филиалом Центральной гидрогеологической партии Государственного предприятия «НПЦ по геологии». Химический анализ воды проводился аккредитованной и поставленной на учет Минприроды Центральной лабораторией. Для проведения мониторинга подземных вод велись

наблюдения на скважинах, которые включали замеры глубин залегания уровней и температуры подземных вод с частотой 3 раза в месяц и отбор проб воды на физико-химический анализ с частотой 1 раз в год.

Исследованиями установлено, что среднее содержание основных макрокомпонентов в подземных водах в 2018 г., по сравнению с 2017 годом, практически не изменилось и находится в пределах от 0,04 до 0,26 ПДК, что свидетельствует об удовлетворительном качестве подземных вод. Среднее содержание микрокомпонентов как в грунтовых, так и в артезианских водах определено в небольших количествах и в основном соответствует установленным требованиям, за исключением повышенного содержания марганца и пониженных показателей фтора, что обусловлено природными гидрогеологическими условиями.

На основе анализа сезонных изменений уровней подземных вод за 2018 г. по сравнению со среднемноголетними сезонными значениями выявлено, что во всех бассейнах рек Припять, Днепр, Неман, Западный Буг и Западная Двина уровни подземных вод понизились в среднем на 0,2 м.

Таким образом, подземные воды основных водоносных горизонтов и комплексов, в пределах каждого речного бассейна, имеют годовой ход уровней, идентичный с годовыми изменениями здесь уровней грунтовых вод. Отличительной особенностью являются величины амплитуд и интенсивность их формирования, обусловленные глубиной залегания исследуемых подземных вод, удаленностью от водотоков и водоемов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гальперин, М. В. Общая экология: учебник / М. В. Гальперин. – М., 2016. – 336 с.
2. Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: метод. указания; под общ. ред. И. М. Богдевича. – Минск, 2010. – 64 с.
3. Логинов, В. Ф. Природная среда Беларуси / В. Ф. Логинов. – Минск: НООО «БИПС», 2008. – С. 246.

## ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА РЕМОНТА БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

**Ю. В. Кузнецов**, д-р с.-х. наук, профессор  
**Н. В. Кузнецова**, д-р с.-х. наук, профессор  
ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет»,  
г. Волгоград, Россия

**Д. С. Дубяго**, ст. преподаватель  
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** дефекты, бетон.

**Аннотация.** Повысить качество проведения ремонтно-восстановительных работ бетонных и железобетонных конструкций можно путем проведения качественного ухода за бетоном в процессе его набора прочности.

**Keywords:** defects, concrete.

**Annotation.** To improve the quality of repair and restoration work of concrete and reinforced concrete structures by high quality concrete care during its strength set.

В процессе эксплуатации автомобильных дорог необходимо производить ремонтно-восстановительные работы, в том числе и ремонт бетонных конструкций. Для проведения ремонтно-восстановительных работ рекомендуется использовать ряд строительных материалов, которые можно условно разделить на 3 основные группы: полимерцементные бетоны и растворы, полимербетоны, бетон и растворы на основе портландцемента. В настоящее время бетон и растворы различных марок и составов – основной строительный материал для строительства, ремонта и восстановления бетонных и железобетонных конструктивных элементов дорожных сооружений. Основная причина этого – доступность компонентов бетона, разработанность и освоенность технологии ремонта с его применением, относительно невысокая удельная стоимость, приемлемые физико-механические свойства получаемого конечного продукта.

В настоящее время практически все бетонные работы в дорожном строительстве производится в теплый период года – при температуре

не менее +5°C. Это позволяет не завышать стоимость бетонных работ и достигнуть высоких показателей затвердевшего бетона. А именно отсутствует необходимость: обогрева свежеложенного бетона, использование «теплых опалубок», применение специальных добавок.

При производстве бетонных работ на открытых площадках в весенне-летне-осенний период года на бетон воздействует ряд неблагоприятных природно-климатических факторов. Основные из них: а) высокая температура окружающей среды; б) пониженная относительная влажность воздуха; в) интенсивная солнечная радиация; г) воздействие ветра. В твердеющем бетоне происходит ряд процессов и явлений, существенно ухудшающих его качество. Ухудшение физико-механических свойств – необратимый процесс.

Поэтому при производстве работ в теплый период года требуется осуществление ухода за бетоном. Без качественного и полного ухода за бетоном невозможно достижение всех физико-механических показателей в проектные сроки, заложенных в бетонную смесь при ее приготовлении. Уход за свежеложенным бетоном заключается в создании наиболее благоприятных температурно-влажностных условий для его твердения и нарастания прочности, а также предотвращения значительных температурно-усадочных деформаций и образования трещин.

В нормативных документах весь уход за бетоном делится на два периода: начальный (предварительный) период или начальный уход и последующий (основной) период или последующий уход.

Уход за бетоном потенциально может быть влажностным и безвлажностным. Влажностный метод ухода имеет ряд существенных недостатков. Основные из них – это вымыв продуктов гидратации цемента из тела бетона и попадание вымытых продуктов в поверхностные и грунтовые воды, нанесение термического удара при использовании воды с температурой ниже температуры поверхности бетона. Вымыв продуктов гидратации возможен потому, что очень часто к моменту начала влажностного ухода бетон еще не приобрел достаточной прочности, чтобы противостоять деструктивному процессу вымывания продуктов гидратации цемента.

В настоящее время соответствующими нормативными документами рекомендуется ряд методов безвлажностного ухода.

При ремонте и восстановлении бетонных и железобетонных конструктивных элементов переездных сооружений работы ведутся непосредственно на водотоках и водоемах. Подавляющее большинство применяемых в настоящее время технологий ухода за бетоном вклю-

чают использование потенциально опасных химических или полимерных покрытий. Большинство из них относится к 2-му или 3-му классу опасности (т. е. они потенциально токсичны, взрывоопасны, ядовиты или горючи). Рабочему персоналу необходимы специальные индивидуальные средства защиты, а хранение компонентов необходимо производить в специально отведенных и оборудованных местах. Однако существует высокая потенциальная опасность разгерметизации или разлива полимерных компонентов на прилегающие территории. В настоящее время основной метод ухода за бетоном в дорожном строительстве – влажностный путем полива бетонной поверхности. Применение этого метода приводит к вымыванию продуктов гидратации из бетона на прилегающую территорию с последующим попаданием их в водоемы. При применении этого метода происходит загрязнение окружающей среды, в том числе и водотоков около которых производятся бетонные работы. Поэтому этот метод ухода не является рациональным. Рациональными методами являются безвлажностные методы ухода с использованием нетоксичных и не ядовитых полимерных материалов.

Изучение и анализ рынка полимерных материалов, которые потенциально могут быть использованы для поведения работ по уходу за бетоном выявил, что он представлен более чем на 90 % полимерными лакокрасочными материалами производства предприятий Республики Беларусь и России. В перечне областей использования производимых лакокрасочных материалов нет указания на ее использование в области ухода за бетоном путем покрытия его полимерной пленкой. Однако, их использование для этого потенциально предопределено в силу их физико-механических свойств.

Повысить качество проведения ремонтно-восстановительных работ бетонных и железобетонных конструкций можно путем проведения качественного ухода за бетоном в процессе набора им прочности достаточной для восприятия им деструктивного воздействия влагопотерь и влажностных деформаций.

Уход за бетоном рекомендуется осуществлять, как правило, до достижения бетоном 70 % проектной прочности. Если не обеспечивать уход за бетоном или раствором, то потери прочности бетона могут составлять до 40 % и более. Поэтому, уход за бетоном – одна из важнейших составляющих обеспечения достижения бетоном заложенных в него при приготовлении физико-механических свойств в заданные проектом сроки, и как следствие, повышение качества проведенных ремонтно-восстановительных работ.

## ОСТОЙЧИВОСТЬ ПОПЛАВКОВОГО ЗАТВОРА

**Л. И. Мельникова**, ст. преподаватель  
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** водосброс, башня, поплавковый затвор, статическая остойчивость, водоизмещение, Архимедова сила, центр тяжести, центр давления, гидродинамическая нагрузка.

**Аннотация.** Для башенного водосброса с авторегулятором уровня верхнего бьефа поплавкового типа проверить условие остойчивости поплавкового затвора.

**Keywords:** spillway, tower, float valve, static stability, displacement, Archimedean force, center of gravity, pressure center, hydrodynamic load.

**Annotation.** For a tower spillway with a float-type headwater level automatic regulator, check the stability condition of the float valve.

**Введение.** Для сооружений с резко изменяющимися расходами, уровнями, а также для автоматизации наиболее ответственных сооружений (водозаборные узлы, головные регуляторы, сооружения аварийной защиты, водосбросы) более предпочтительны прямодействующие затворы-автоматы, отличающиеся простотой конструкции, высокой чувствительностью. Ввиду простоты конструкций, надежности и устойчивости в работе и хороших эксплуатационных качеств эти затворы нашли наибольшее применение. На кафедре гидротехнических сооружений УО БГСХА была предложена конструкция башенного водосброса с авторегулятором уровня верхнего бьефа поплавкового типа (рис. 1).

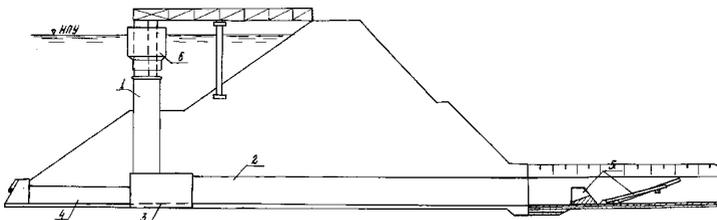


Рис. 1. Водосбросное сооружение башенного типа

При проектировании таких конструкций как гидроавтоматы поплавкового типа, необходимо соблюдать и обеспечивать условие устойчивости затвора. Способность поплавок при малом нарушении равновесия, снова возвращаться в исходное положение называется статической устойчивостью поплавоквого затвора.

**Цель работы.** Целью наших экспериментальных исследований является проверка и обеспечение условия устойчивости поплавоквого затвора.

**Результаты исследований и их обсуждение.** При нормальной работе поплавоквого затвора рассматриваемой конструкции должно соблюдаться условие [1]

$$G_3 = \rho g W \pm G_{\text{деф}} - G_{\text{пр}}, \quad (1)$$

где  $\rho$  – плотность воды;

$W$  – объем вытесненной воды (объемное водоизмещение);

$G_{\text{деф}}$  – гидродинамическая нагрузка, действующая на затвор;

$G_{\text{пр}}$  – дополнительная пригрузка от присоединенной массы воды.

Соблюдение равенства (1) необходимо, но не достаточно для равновесия поплавок. Действующая на поплавоквый затвор со стороны жидкости подъемная сила или, как иногда говорят, Архимедова сила ( $F_A$ ) имеет точку приложения в центре тяжести объема вытесненной жидкости. Эту точку называют центром давления (Д). Центр давления может не совпадать с центром тяжести поплавок, хотя при прямом положении поплавок и лежит с ним на одной вертикальной прямой, называемой осью плавания (см. рис. 2).

Расположение центра тяжести и центра давления на одной вертикальной прямой составляет второе условие равновесия поплавок. Если при соблюдении первого условия равновесия  $G_3 = F_A = \rho g W$ , второе условие не соблюдено, поплавок не может находиться в устойчивом положении. Это происходит потому, что как только линия действия силы тяжести ( $G$ ) и линия действия подъемной силы жидкости или, как иногда говорят, Архимедова сила ( $F_A$ ) перестают совпадать, эти силы образуют момент, который либо стремиться восстановить поплавок в первоначальное положение, либо перевернуть его относительно мгновенной оси вращения (М) [1].

Остановимся на статической устойчивости [2, с. 130]. При малых углах крена смещение центра давления (Д) с оси плавания происходит таким образом, как если бы центр давления вращался вокруг некоторой точки (М), лежащей на оси плавания. Эта точка называется мета-

центром. При малом угле крена положение метacentра определяется пересечением линии действия архимедовой силы ( $F_A$ ) с осью плавания.

На рис. 2, б изображен случай, когда центр тяжести (С) поплавка занимает крайне низкое положение – он расположен ниже центра давления (Д). Пара, которую образуют при этом сила тяжести  $G_3$  и подъемная сила  $F_A$ , т. е. момент восстанавливающий стремится вернуть поплавок в равновесное (прямое положение).

На рис. 2, а показан промежуточный случай, когда центр тяжести (С) поплавка расположен выше центра давления (Д), но ниже метacentра (М). Остойчивость поплавка при этом оказывается обеспеченной: образующаяся при крене пара сил возвращает поплавок в первоначальное положение. Именно этот случай характеризует взаимное расположение трех центров: центра тяжести (С), центра давления (Д) и метacentра (М) у поплавокowego затвора, при нормальных условиях его работы [3, с. 188].

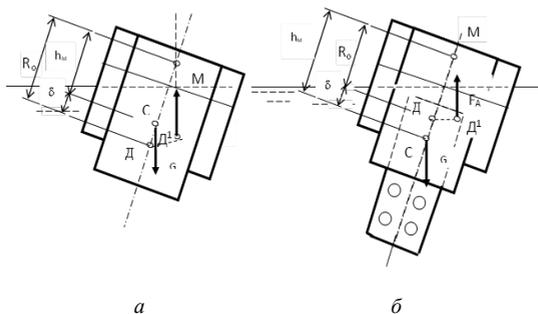


Рис. 2. Схема к определению остойчивости поплавокowego затвора:  
а – с кольцевой донной вставкой; б – с вентиляционной трубой

Расстояние между метacentром (М) и центром давления (Д) называется метacentрическим радиусом  $R_o$ . Превышение метacentра (М) над центром тяжести поплавка (С) – метacentрическая высота  $h_m$  (рис. 2).

Рассмотрим, что нужно для того, чтобы поплавокый затвор был остойчивым. Если обозначить эксцентриситет давления (расстояние между центром тяжести (С) и центром давления (Д) через  $\delta$ , то условие остойчивости принято записывать в таком виде

$$R_o > \delta, \quad (2)$$

где  $R_o$  – метацентрический радиус и определяется по формуле

$$R_o = I_o / W, \quad (3)$$

где  $I_o$  – момент инерции плоскости плавания, ограниченной ватерлинией,

$$I_o = \pi D_n^4 / 64 = 3,14 \cdot 11,5^4 / 64 = 858 \text{ см}^4;$$

$$W - \text{ водоизмещение, } W = 0,785(D_n^2 - d_n^2) y.$$

Проверяем, как соблюдается условие остойчивости (2) для конструкции поплавкового затвора (см. рис. 2, а) с кольцевой донной вставкой. При этом, не учитываем дефицит давления и нагрузку от присоединенной массы воды. Далее необходимо рассчитать центр тяжести (С) поплавок и центр давления (Д). Первоначально найдем массу поплавкового затвора  $G_3$ , для этого определяем объемы его конструктивных частей. Масса затвора  $G_3 = \rho_m W_m$ .

Положение центра тяжести поплавкового затвора найдем из равенства статических моментов объемов конструктивных частей затвора

$$y_c = \frac{\sum_{i=1}^n W_i \cdot y_i}{W_m}, \quad (4)$$

где  $W_i, y_i$  – соответственно объем и центр тяжести материала конструктивной части затвора;

$W_m$  – общий объем материала затвора.

Найдем осадку поплавкового затвора. Так как вес затвора уравновешивается с весом вытесненной воды, то обозначая осадку через  $y$ , будем иметь:

$$\rho_m g W_m = \rho \cdot g W = \rho (\pi D_n^2 / 4 - \pi \cdot d_n^2 / 4) y, \quad (5)$$

откуда осадка

$$y = \frac{\rho_m \cdot W_m}{\rho \cdot 0,785 (D_n^2 - d_n^2)}. \quad (6)$$

В результате опытных данных и статических расчетов:

центр тяжести поплавкового затвора  $y_c = 7,1$  см, осадка поплавок  $y = 4,1$  см; центр давления воды равен половине глубины осадки  $y_d = y / 2 = 2,05$  см.

Тогда, для конструкции, представленной на рис. 2, а (с кольцевой донной вставкой):

метацентрический радиус  $R_o = I_o / W = 858 / 165 = 5,2$  см;  
водоизмещение  $W = 0,785(D_n^2 - d_c^2) y = 0,785(11,5^2 - 9^2) \cdot 4,1 =$   
 $= 165$  см<sup>3</sup>;

расстояние между центром тяжести (С) и центром давления (Д)

$\delta = y_c - y_d = 7,1 - 2,05 = 5,05$  см.

Остойчивость затвора обеспечена, так как  $R_o = 5,2$  см  $>$   $\delta = 5,05$  см.

**Заключение.** В процессе экспериментальных исследований проверено условие остойчивости поплавкового затвора. Статическая остойчивость поплавкового затвора первоначальной конструкции (рис. 2, а) с кольцевой донной вставкой обеспечена, и необходима для надежности работы конструкции, но не всегда устойчива работа затвора на пороге водосброса.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Штеренлихт, Д. В. Гидравлика: учебник / Д. В. Штеренлихт. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: КолосС, 2008. – 655 с.

2. Мельникова, Л. И. Статическая остойчивость поплавкового затвора / Л. И. Мельникова // Влияние природных и антропогенных факторов на социоэкосистемы: Межрег. сб. науч. тр. Рязанского гос. мед. ун-та им. И. П. Павлова. – Рязань, 2002. – С. 128–134.

3. Мельникова, Л. И. Водосбросные сооружения автоматического действия для водоохранных прудов и накопителей / Л. И. Мельникова // Экологические аспекты мелиорации земель юга Черноземья; под общ. ред. д-ра с.-х. наук Ю. А. Мажайского, канд. техн. наук В. И. Желязко. – М.: Изд. Московского ун-та, 2003. – С. 185–197.

УДК 626.823(075.8)

### УСТОЙЧИВОСТЬ ПОПЛАВКОВОГО ЗАТВОРА

**Л. И. Мельникова**, ст. преподаватель

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** водосброс, поплавокый затвор, статическая остойчивость, центр тяжести, центр давления, гидродинамическая нагрузка, устойчивость.

**Аннотация.** Для башенного водосброса с поплавковым затвором проверить условие остойчивости и обеспечить устойчивость затвора-автомата на пороге водослива.

**Keywords:** spillway, float valve, static stability, center of gravity, pressure center, hydrodynamic load, sustainability.

**Annotation.** For a tower spillway with a float valve, check the stability condition and ensure the stability of the automatic shutter at the spillway threshold.

**Введение.** Надежность и стабильность автоматического водосбросного сооружения (рис. 1) во многом определяется устойчивостью затвора-автомата на пороге водослива. На устойчивость рассматриваемого поплавкового затвора существенное влияние оказывает конструкция самого затвора, а именно (кольцевой) донной вставки.

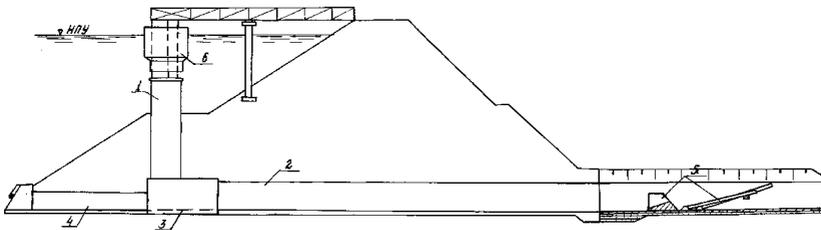


Рис. 1. Водосбросное сооружение башенного типа

Поэтому, при проектировании и конструировании таких устройств как гидроавтоматы, необходимо соблюдать и обеспечивать, не только условие остойчивости, но и устойчивость поплавкового затвора. Устойчивость необходимо обеспечить, для того чтобы конструкция затвора в процессе эксплуатации не совершала недопустимых колебательных движений, относительно оси остойчивости, поскольку эти колебания могут создавать неблагоприятный гидродинамический режим, дополнительные нагрузки как на конструкцию затвора, так и на сооружение в целом.

**Цель работы.** Целью наших экспериментальных исследований является проверка и обеспечение не только условия остойчивости поплавкового затвора, но устойчивости поплавка на башне водосброса.

**Результаты исследований и их обсуждение.** При исследовании работы водосбросного сооружения нестабильная работа поплавкового затвора проявлялась в виде вертикальных колебаний корпуса и эффектом захвата воздуха. Для устранения этого нежелательного явления, пришлось изменить цилиндрическую часть затвора. В целях улучшения гидравлических и эксплуатационных характеристик затвора при-

шлось применить поплавок в виде двухступенчатого цилиндра с герметичной обшивкой (рис. 2, *a*).

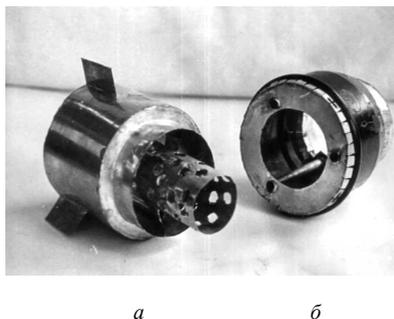


Рис. 2. Конструкции поплавкового затвора:  
*a* – с вентиляционной трубой; *б* – с кольцевой донной вставкой

Однако опыты показали, что затвор при определенном режиме работы опять начинает совершать колебательные движения относительно вертикальной оси, т. е. появляется так называемый неустойчивый режим его работы, который происходит, как показывают исследования (испытания) кораблей с высокой степенью остойчивости [1].

Для изучения природы этого явления были проведены измерения дефицита давления на стенки башни и днище затвора. По данным опытов, выполненных на модели М 1:10, 1:15, 1:20 дефицит давления составляет 4–16 см. вод. ст. (0,4–1,6 кПа) [2]. Для повышения устойчивости затвора было решено использовать метод присоединенной массы воды. Для его реализации применена дополнительная емкость в виде вентиляционной перфорированной трубы, приваренной к стакану затвора (рис. 2, *a*).

Задача по определению величины присоединенной массы воды –  $G_{пр}$  решается методом итераций. Задачу можно решить также методом графоаналитическим или путем математического моделирования [3, с.190]. Присоединенную массу воды определим из условия (1)

$$G_3 = \rho g W \pm G_{деф} - G_{пр};$$

$$G_{пр} = \rho g W - G_3 \pm G_{деф} = \rho 0,785 (D_n^2 - d_c^2) y - G_3 \pm G_{деф}. \quad (1)$$

Нагрузка  $G_{деф}$  была обнаружена в процессе опытов на физической модели затвора и воздействует на донную часть поплавка. Гидродина-

мическая нагрузка  $G_{\text{деф}}$  устанавливается экспериментальным путем по величине дефицита давления на стенки водосброса. В зависимости от ее величины уточнялось конструктивное решение стабилизатора режима – перфорированной трубы. В связи с этим начальная масса затвора  $G_z$  изменяется.

С учетом этой гидродинамической нагрузки  $G_{\text{деф}}$  и присоединенной массы воды  $G_{\text{пр}}$  положение центра тяжести поплавкового затвора, можно определить используя уравнение статических моментов масс

$$y_c (G_z + G_{\text{пр}} + G_{\text{деф}}) = y_{c1} \cdot G_z + y_{c2} \cdot G_{\text{пр}} + y_{c3} \cdot G_{\text{вак}}. \quad (2)$$

**Заключение.** Расположение центра тяжести и центра давления на одной вертикальной прямой, это достаточное условие равновесия поплавка, которое обеспечивает стабильную работу сооружения в целом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мельникова, Л. И. Исследования гидродинамического режима башенного водосброса с поплавковым затвором / Л. И. Мельникова // Проблемы мелиорации и водного хозяйства на современном этапе: материалы междунар. науч.-практ. конф. / Белорус. с.-х. акад. – Горки, 1999. – Ч. 2. – С. 229–231.

2. Мельникова, Л. И. Водосбросные сооружения автоматического действия для водоохраных прудов и накопителей / Л. И. Мельникова // Экологические аспекты мелиорации земель юга Нечерноземья / под общ. ред. д-ра с.-х. наук Ю. А. Мажайского, канд. техн. наук В. И. Желязко. – М.: Изд. Московского ун-та, 2003. – С. 185–197.

УДК 626.823(075.8)

## УСТОЙЧИВОСТЬ ПОПЛАВКОВОГО ЗАТВОРА С ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ ТРУБОЙ

**Л. И. Мельникова**, ст. преподаватель

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** водосброс, поплавковый затвор, статическая остойчивость, центр тяжести, центр давления, гидродинамическая нагрузка, остойчивость.

**Аннотация.** Для башенного водосброса с поплавковым затвором проверить условие остойчивости и обеспечить остойчивость затвора-автомата на пороге водослива.



устройств – 6 (см. рис. 1). Поплавок представляет собой двухступенчатый цилиндр с герметичной наружной обшивкой. Затвор устанавливается на гребне водослива и фиксируется (удерживается) при помощи направляющих патрубков – 6. Вентиляционная труба соединяется с поплавком анкерными связями – кронштейнами – 7 и имеет перфорированную поверхность.

Найдем массу поплавокowego затвора –  $G_3$ , для этого определим объемы его конструктивных частей:

1. Объем наружного цилиндра (поплавок):

$$W_1 = \pi D_{\text{п}} h_{\text{п}} t = 3,14 \cdot 11,5 \cdot 9,4 \cdot 0,025 = 8,5 \text{ см}^3$$

2. Объем внутреннего цилиндра (поплавок):

$$W_2 = \pi d_{\text{ц}} h_{\text{ц}} t = 3,14 \cdot 9,0 \cdot 12,4 \cdot 0,025 = 8,8 \text{ см}^3$$

3. Объем донного кольца:

$$W_3 = \pi (r_{\text{нц}}^2 - r_{\text{вц}}^2) t = 3,14 \cdot (5,75^2 - 4,5^2) \cdot 0,025 = 1,0 \text{ см}^3$$

4. Объем поверхностного кольца:

$$W_4 = \pi (r_{\text{нц}}^2 - r_{\text{вц}}^2) t = 3,14 \cdot (5,75^2 - 4,5^2) \cdot 0,025 = 1,0 \text{ см}^3$$

5. Объем вентиляционной трубы:

$$W_5 = W_5 - W_{\text{отв}} = 5,7 - 0,68 = 5,02 \text{ см}^3$$

$$W_5 = \pi d_{\text{в.тр}} m t = 3,14 \cdot 5 \cdot (7,5 + 7) \cdot 0,025 = 5,7 \text{ см}^3$$

$$W_{\text{отв}} = n (\pi d_o^2 / 4) t = 54 \cdot (3,14 \cdot 0,8^2 / 4) \cdot 0,025 = 0,68 \text{ см}^3$$

6. Объем направляющих устройств:

$$W_6 = 3 \pi d_{\text{тр}} P t = 3 \cdot 3,14 \cdot 0,8 \cdot 9,0 \cdot 0,025 = 1,7 \text{ см}^3$$

7. Объем креплений вентиляционной трубы:

$$W_7^1 = 3 (b \cdot h) t = 3 \cdot (1,6 \cdot 2,5) \cdot 0,025 = 0,3 \text{ см}^3$$

$$W_7^{11} = 3 (b \cdot h) t = 3 \cdot (1,6 \cdot 2,5) \cdot 0,025 = 0,3 \text{ см}^3$$

Рабочий объем поплавоковой части (общий объем материала) затвора равен:

$$W_{\text{м}} = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6 + W_7 = 8,5 + 8,8 + 2,0 + 5,02 + 1,7 + 0,6 = 26,62 \text{ см}^3$$

Если масса затвора  $G_3 = \rho_{\text{м}} \cdot W_{\text{м}} = 7850 \cdot 0,00002662 = 0,209 \text{ кг} \approx 0,21 \text{ кг}$ .  
Вес поплавокowego затвора на электронных весах – 209,8 гр  $\approx 0,21 \text{ кг}$ .

Осадка поплавокowego затвора определяется опытным путем. Масса присоединенной воды вычисляется из условия (1) и при осадке поплавокowego затвора равной  $y = 7 \text{ см}$ .

Гидродинамическая нагрузка

$$G_{\text{деф}} = p_{\text{вак}} \cdot \omega_{\text{вод}} \quad (3)$$

где  $p_{\text{вак}}$  – дефицит давления на стенки водосброса;

$$\omega_{\text{вод}} – \text{площадь оголовка водосброса } R = 4,25 \text{ см, } \omega_{\text{вод}} = \pi / 4 (d_{\text{ц}} - d_{\text{вод}}).$$

Для величины осадки  $y = 7$  см,  $p_{\text{вак}} = 4$  см вод. ст. = 0,4 кПа, следовательно

$$G_{\text{деф}} = p_{\text{вак}} \cdot \omega_{\text{вод}} = \pi / 4 (d_{\text{ц}} - d_{\text{вод}}) = 0,4 \cdot 10^3 \cdot 0,785 (0,09^2 - 0,085^2) \times 0,102 = 0,03 \text{ кг.}$$

Тогда

$$G_{\text{пр}} = \rho \cdot 0,785 (D_{\text{п}}^2 - d_{\text{ц}}^2) y - G_3 \pm G_{\text{деф}} = 1000 \cdot 0,785 (0,115^2 - 0,09^2) \cdot 0,07 - 0,21 - 0,03 = 0,04 \text{ кг.}$$

Объем массы присоединенной воды  $W_{\text{пр}} = G_{\text{пр}} / \rho_{\text{в}} = (0,04 / 1000) \times 10^6 = 40 \text{ см}^3$ .

Высота слоя воды в вентиляционной трубе  $h_{\text{пр}} = W_{\text{пр}} / 0,785 d_{\text{в}}^2 = 40 / 0,785 \cdot 5^2 = 2$  см. Центр тяжести присоединенной массы воды  $y_{\text{с2}} = 1$  см.

Положение центра тяжести поплавкового затвора  $y_{\text{с1}}$  найдем из равенства статических моментов объемов конструктивных частей затвора:

$$S_{\text{п.з}} = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 + S_6 + S_7. \quad (4)$$

Статический момент поплавкового затвора относительно плоскости сравнения 0–0 равен (плоскость сравнения 0–0 проходит по нижней части вентиляционной трубы) (см. рис. 1):

$$S_{\text{п.з}} = W_{\text{м}} \cdot y_{\text{с}} = 26,62 \cdot y_{\text{с1}}.$$

1. Статический момент наружного цилиндра (поплавка):

$$S_1 = w_1 \cdot Y_1 = 8,5 \cdot (5,6 + 3 + 9,4 / 2) = 113,05 \text{ см}^4.$$

2. Статический момент внутреннего цилиндра (поплавка):

$$S_2 = 8,8 \cdot (5,6 + 12,4 / 2) = 103,84 \text{ см}^4.$$

3. Статический момент донного кольца:

$$S_3 = 1,0 \cdot (5,6 + 3,0125) = 8,61 \text{ см}^4.$$

4. Статический момент поверхностного кольца:

$$S_4 = 1,0 \cdot (5,6 + 3 + 9,4125) = 18,01 \text{ см}^4.$$

5. Статический момент вентиляционной трубы:

$$S_5 = 5,02 \cdot 10 / 2 = 25,1 \text{ см}^4.$$

6. Статический момент направляющих устройств:

$$S_6 = 1,7 \cdot (5,6 + 0,4 + 3,0 + 9 / 2) = 22,95 \text{ см}^4.$$

7. Статический момент креплений вентиляционной трубы:

$$S_7' = 0,3 \cdot (5,6 + 1,6 / 2) = 1,92 \text{ см}^4.$$

$$S_7'' = 0,3 \cdot (10,0 - 1,6 / 2) = 2,76 \text{ см}^4.$$

$$26,62 \cdot y_{\text{с}} = 113,05 + 103,84 + 8,61 + 18,01 + 25,1 + 22,95 + 1,92 + 2,76.$$

Центр тяжести  $y_{c1}$  поплавкового затвора

$$y_{c1} = 296,24 / 26,62 = 11,13 \text{ см.}$$

Возвышение центра тяжести поплавкового затвора с массой присоединенной воды и с учетом дефицита давления над нижней поверхностью вентиляционной трубы (0–0):

$$y_c (G_3 + G_{пр} + G_{деф}) = y_{c1} \cdot G_3 + y_{c2} \cdot G_{пр} + y_{c3} \cdot G_{вак}$$

$$y_c \cdot 0,28 = 11,13 \cdot 0,21 + 1 \cdot 0,04 + 0,5 \cdot 0,03$$

$$y_c \approx 9,0 \text{ см.}$$

С учетом плоскости сравнения 0–0 до центра давления  $y_d = (5,6 + 3 + 7 / 2) = 12,1 \text{ см.}$

Сравнивая величины  $y_c = 9 \text{ см}$  и  $y_d = 12,1 \text{ см}$ , видим, что центр тяжести (С) лежит ниже центра давления (Д), следовательно, устойчивость обеспечена. Если  $\delta = y_c - y_d = 9 - 12,1 = -3,1 \text{ см} < 0$  – равновесие всегда устойчивое.

Иначе проверяем условие устойчивости поплавкового затвора:

метацентрический радиус  $R_o = I_o / W = 858 / 282 = 3,0 \text{ см;}$

момент инерции плоскости плавания  $I_o = \pi D_p^4 / 64 = 3,14 \cdot 11,5^4 / 64 = 858 \text{ см}^4;$

водоизмещение  $W = 0,785 (11,5^2 - 9^2) \cdot 7 = 282 \text{ см}^3.$

$R_o = 3,0 \text{ см} > \delta = -3,1 \text{ см}$ , поплавковый затвор всегда устойчив.

**Заключение.** Выполненные теоретические расчеты с учетом опытных данных по дефициту давления [2, с. 230] позволяют определить необходимые конструктивные параметры стабилизирующего устройства, обеспечивающего устойчивый режим работы поплавкового затвора.

Обеспечена как статическая устойчивость поплавкового затвора конструкции с вентиляционной трубой  $R_o > \delta$ , так и устойчивость поплавка на башне водосброса, которая необходима для надежной работы сооружения в целом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Штеренлихт, Д. В. Гидравлика: учебник / Д. В. Штеренлихт. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: КолосС, 2008. – 655 с.

2. Мельникова, Л. И. Исследования гидродинамического режима башенного водосброса с поплавковым затвором / Л. И. Мельникова // Проблемы мелиорации и водного хозяйства на современном этапе: материалы междунар. науч.-практ. конф. / Белорус. с.-х. акад. – Горки, 1999. – Ч. 2. – С. 229–231.

3. Мельникова, Л. И. Водосбросные сооружения автоматического действия для водоохранных прудов и накопителей // Экологические аспекты мелиорации земель юга Нечерноземья / под общ. ред. д-ра с.-х. наук Ю. А. Мажайского, канд. техн. наук В. И. Желязко. – М.: Изд. Московского ун-та, 2003. – С. 185–197.

УДК 631.22.018:591.553

## **ЖИВОТНОВОДЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА БИОГЕОЦЕНОЗ**

**Т. Н. Ткачева**, ст. преподаватель

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** отходы животноводства, биогеоценоз, окружающая среда, животноводческие комплексы, уровни загрязнения, обеззараживания, очистка.

**Аннотация.** Изучены негативные проблемы животноводческих комплексов. Определены основополагающие направления развития животноводства. Выявлены основные источники загрязнения, которые поступают от животноводческих комплексов в окружающую среду.

**Keywords:** livestock waste, biogeocenosis, environmental environment, livestock complexes, pollution levels, disinfecting, cleaning.

**Annotation.** The negative problems of livestock complexes have been studied. The fundamental directions of the development of livestock are determined. The main sources of pollution that come from livestock complexes to the environment were identified.

Одним из главных направлений развития животноводства является ее специализация и концентрация. Несмотря на некоторые отрицательные стороны концентрации животноводства в настоящее время она остается основополагающей, поэтому необходимо проводить работу по ее усовершенствованию. Наряду с этим следует отметить и негативные проблемы животноводческих комплексов – это нарушение биоценоза окружающей среды, возможность распространения инфекционных болезней в виду недостаточности проводимых работ по обеззараживанию навоза и сточных вод.

Большую опасность для окружающей среды, а следовательно, и для сохранения биогеоценоза представляют животноводческие комплексы,

расположенные чаще всего на повышенных элементах рельефа, иногда у рек и водоемов. Очистные сооружения комплексов зачастую не справляются с уборкой и утилизацией навоза. Загрязнение в таких случаях может быть не только точечным, но и масштабным. Опасность представляют и выбросы аммиака и других вредных газов в атмосферу.

Последствием таких выбросов является увеличение кислотных дождей. Доля аммиака, выбрасываемого в атмосферу в результате сельскохозяйственной деятельности и участвующего в образовании кислотных дождей, может составлять более 23 %. Причем эмиссия аммиака происходит, главным образом, при внесении навоза (53 %), 35 % – при хранении и 12 % при выпасе скота.

Почва является главным компонентом биогеоценоза. Она аккумулирует большинство веществ и энергию из биогеоценоза. В ней находятся продукты метаболизма растений и животных, а также минеральные вещества. Ритмика расхода и прихода веществ в почвах то усиливается, то ослабляется, что зависит от степени увлажнения, теплового режима, фауны и т. д. Важнейшим показателем оценки почвы является ее химический состав. Изменение физико-химического состава почвы вследствие нерационального землепользования приводит к нарушению биотического круговорота и является одной из причин развития эндемических болезней животных и человека.

Отходы животноводства в разной степени загрязняют почву, водную и воздушную среду. Степень загрязнения каждой из них зависит от количества скапливаемых отходов, способов их хранения, переработки и использования. Отходы даже от небольших животноводческих хозяйств могут создавать антисанитарную угрозу для небольших озер, прудов, колодцев, когда хозяйства располагаются вблизи поверхностных водоемов. Подсчитано, что на расстоянии 500–700 м от комплекса на 10 тыс. гол. крупного рогатого скота концентрация аммиака достигает  $0,5 \text{ мг/м}^3$ , концентрация органических веществ (окисляемость) может превысить  $22,4 \text{ мг О/м}^3$ .

Боле высокие уровни загрязнения атмосферного воздуха характерны для свиноводческих комплексов. В пробах воздуха на расстоянии 100 м концентрация аммиака достигает  $3\text{--}4 \text{ мг/м}^3$ , сероводорода –  $0,112 \text{ мг/м}^3$ , меркаптанов  $16,7 \text{ мг/м}^3$ . На свиноводческом комплексе на 108 тыс. голов в производственной зоне концентрация аммиака достигает  $4\text{--}18 \text{ мг/м}^3$ , сероводорода –  $3,5 \text{ мг/м}^3$ , органических веществ  $40\text{--}50 \text{ мг/м}^3$ , пыли до  $10 \text{ мг/м}$ . Такой свинокомплекс выбрасывает за 1 час 159 кг аммиака, 14,5 кг сероводорода, 26 кг пыли от кормов [1].

Навоз и навозная жижа представляют собой реальную угрозу как объекты загрязнения окружающей среды и распространения инфекций. Необходимо отметить, что наибольшую опасность в этом отношении представляют навозные стоки. Твердый же навоз с небольшим содержанием воды складывается на поверхности грунта, где подвергается биотермической обработке, и не представляет большой угрозы. Навозные стоки, которые разводят водой для лучшего удаления навоза при гидросмыве, зачастую попадают в грунтовые воды и поверхностные водоемы. Разбавление навозных стоков водой резко ухудшает качество органических удобрений (в 5–7 раз), удлиняется срок выживания болезнетворной микрофлоры. Происходит насыщение водоемов и грунтовых вод органическими и минеральными веществами [2].

На свиноводческом комплексе на 108 тыс. голов выход стоков достигает более 1 млн. м<sup>3</sup>. Учитывая, что в РБ 91 % получаемого навоза находится в полужидком виде и что из-за отсутствия эффективного технологического оборудования эти отходы не проходят необходимую очистку и обеззараживание, то все это ведет к загрязнению окружающей среды [3].

Все вышесказанное подтверждает, что очистка и обеззараживание навоза и навозных стоков является насущной проблемой работников животноводства. Знание современных методов очистки сточных вод с наименьшими затратами и экологической безопасности является актуальным и необходимым для всех руководителей и специалистов сельского хозяйства любого уровня.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Загрязнение воздушной среды ферм крупного рогатого скота / В. Н. Гушин [и др.] // Ветеринария. – 1999. – № 12. – С. 45–49.
2. Водные ресурсы, их использование и качество воды / Гос. водный кадастр. – Минск, 2001. – 78 с.
3. Денисов, А. Решение экологических проблем крупных свиноводческих комплексов / А. Денисов, А. Семписон // Свиноводство. – 1998. – № 2. – С. 24–27.

## РОЛЬ И ЗНАЧИМОСТЬ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ДЛЯ РАЗВИТИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ СТУДЕНТОВ

**О. М. Астахова**, канд. пед. наук, доцент

**М. П. Подобед**, ст. преподаватель

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

Эра знаний закончилась.  
Начинается эра мышления.

**Ключевые слова:** лабораторный практикум, профессиональные способности, творческие способности, учащиеся, студенты, навыки, мышление, эксперимент.

**Аннотация.** Изучена роль и значимость лабораторного практикума для развития профессиональных способностей студентов на примере проведения лабораторной работы по механике.

**Keywords:** laboratory workshop, professional abilities, creative abilities, students, students, skills, thinking, experiment.

**Annotation.** The role and significance of a laboratory workshop for the development of professional abilities of students on the example of laboratory work on mechanics has been studied.

Практика свидетельствует, что надо учить сегодня учащихся и студентов не только знаниям, но и видеть свои незнания; учить умению задавать вопросы и отвечать на них, работать в команде и коллективно принимать решения и т. д.

Доктор педагогических наук Наумчик В. Н. неоднократно обращает внимание на то, что учебные программы в постиндустриальную эпоху должны быть направлены на развитие так называемых «4К»:

Критического мышления;

Коммуникативных навыков;

Креативности (творческой изобретательности);

Коллаборации (навыков взаимодействия).

Э. Тоффлер (1928–2016 гг.), американский философ, социолог и футуролог обратил внимание, что «...в 21 веке безграмотным считается уже не тот, кто не умеет читать, а тот, кто не умеет учиться, доучи-

ваться и переучиваться». В формировании таких навыков огромная роль принадлежит правильно организованным лабораторно-практическим занятиям по всем дисциплинам, в том числе и по курсу общей физики, так как одним из условий формирования творческих способностей личности, как считают многие ученые, является включение студентов в самостоятельную, активную познавательную деятельность адекватную содержанию и целям обучения. Только в процессе деятельности развиваются и совершенствуются интеллектуальные способности личности и его опыт [1, с. 152].

Многие ученые (В. В. Давыдов, И. Я. Лернер, А. В. Хуторской, Г. И. Щукина и др.) обращают внимание на возможность поэтапно-го усвоения опыта творческой деятельности. Это означает, что в одном случае можно учить видеть проблемы, в другом – строить доказательство, в третьем – делать выводы из представленных фактов, в четвертом – высказывать предположение, и т. д. [2, с. 65].

В высшей школе при изучении курса общей физики большими возможностями в приобретении опыта творческой деятельности обладает эксперимент как лабораторный, так и демонстрационный. Он является источником новых знаний и методом исследования. Учебный экспериментальный метод представляет собой своеобразное подобие научного, поэтому им должны быть свойственны общие этапы. Изоморфизм экспериментального метода в науке и обучении дает возможность определить следующую структуру учебного эксперимента [3, с. 152]:

1. Постановка проблемы и формулирование рабочей гипотезы.
2. Планирование эксперимента.
3. Проведение эксперимента.
4. Обработка экспериментальных данных и выводы.

Рассмотрим значение каждого этапа учебного экспериментального метода с позиции развития творческих способностей.

Основу *формулирования рабочей гипотезы* составляет совокупность экспериментальных и теоретических данных и наблюдений [1, с. 11]. Этот этап способствует развитию навыков анализа исходных положений и умению обобщать, делать выводы, чтобы затем получить рабочую гипотезу, которую требуется проверить.

*Планирование эксперимента.* Чтобы подвести студентов к выбору способа экспериментирования, надо заранее продумать вопросы, которые нацелены на раскрытие внутренних связей изучаемых явлений. Эти вопросы подводят обучающихся как к способу воспроизведения

явления, так и к способу его наблюдения, активизируя рациональные и чувственные механизмы творческого процесса.

*Проведение эксперимента.* Данный этап является основным. Здесь происходит напряженная мыслительная деятельность, активизируются коммуникативно-творческие способности, так как обучающие аккумулируют и используют ранее накопленный опыт, овладевают новыми рациональными приемами деятельности, учатся навыкам обращения с разнообразными приборами, счетными устройствами, вырабатывается способность к сотрудничеству, продуктивному общению и взаимопомощи.

*Обработка экспериментальных данных* – развивает умение делать соответствующие выводы из полученных наблюдений, сопоставлять, анализировать, что ведет к развитию таких компонентов творческих способностей как критичность мышления, способность к оценочным суждениям, рефлексии, видению проблем и противоречий, обобщению увиденного. Так же важно производить анализ причин неточных результатов.

Применение эксперимента как подобия научному методу при выполнении лабораторных работ и на лекционных занятиях придает проблемный характер обучению, так как формулирование гипотезы, планирование и постановка эксперимента – это элементы решения проблемных задач и ситуаций. Традиционно лабораторный практикум проводится с применением инструкций к выполнению работ, в которых дается краткая теория и последовательность проведения эксперимента. Студенты вычисляют значение определяемой физической величины, но иногда не могут проанализировать, от чего она зависит. Такой алгоритмизированный подход к выполнению лабораторных работ не позволяет увидеть функционально-структурную зависимость между измеряемыми величинами.

Так, в работе по определению вязкости жидкости методом Стокса, можно предложить студентам спрогнозировать плотность или радиус другого шарика, измерив скорость его движения и т. д. Отсутствие рабочей гипотезы при выполнении лабораторных работ резко снижает обучающую значимость лабораторного эксперимента. Проведение лабораторных занятий с использованием подробных инструкций необходимо лишь на первом этапе изучения дисциплин научно-технического цикла или на первых занятиях, но это не тот уровень самостоятельности работы студентов, к которому нужно стремиться. Желаемый уровень самостоятельности может быть обеспечен прове-

дением лабораторных занятий, изоморфных научному экспериментальному методу. Рассмотрим пример проведения лабораторной работы (по механике) с применением указанного подхода.

*Лабораторная работа: «Определение момента инерции махового колеса».*

*Формулировка рабочей гипотезы.* Момент инерции тела характеризует его инертные свойства при вращательном движении. Он зависит от массы тела и характера ее распределения. При неизменном распределении массы тела и положения его оси вращения момент инерции не изменяется. Для тел правильной формы момент инерции определяется по известным формулам. При вращении тело обладает кинетической энергией, которая выражается по формуле:

$$T = I\omega^2/2.$$

Следовательно, заставляя тело вращаться, можно найти его момент инерции  $I$ , применяя к вращающейся системе закон сохранения энергии:

$$mgh = I\omega^2 / 2 + mv^2 / 2.$$

После несложных преобразований выразим момент инерции  $I$  через измеряемые в эксперименте параметры:

$$I = mr^2(gt^2 - 2h) / 2h,$$

где  $m$  – масса падающего груза;

$r$  – радиус вращающегося шкива;

$g$  – ускорение свободного падения;

$t$  – время падения груза;

$h$  – высота, с которой падал груз.

*Гипотеза:* как повлияет на величину момента инерции изменение массы падающего груза, высоты падения? Можно ли изменить момент инерции махового колеса? Если можно, то как? Такие вопросы обязательно необходимо ставить перед студентами.

Теперь задача имеет проблемно-поисковый характер. Студенту понятна цель изменения массы падающих грузов. При традиционном методе выполнения данной работы ему просто рекомендуют менять груз без указания цели, что приводит к неверным выводам.

*Планирование эксперимента.* Меняя массу падающего груза и высоту, с которой груз падает, определяем момент инерции махового

колеса. Дополнительно можно определить ускорение падения груза, угловую скорость в конце падения груза и число сделанных оборотов за это время. При планировании эксперимента обязательно нужно проанализировать источник возможных ошибок и учесть это при обработке результатов опыта. Неизбежные ошибки приведут к тому, что каждый опыт даст несколько различный результат. Вместе с тем истинный момент инерции тела находится как итог нескольких учебных опытов.

*Проведение эксперимента.* Рекомендуется взять от трех до пяти различных грузов массами от 50 до 100 граммов. Опустить каждый груз с различных высот и в каждом случае определить момент инерции махового колеса и дополнительные характеристики вращательного движения.

*Обработка экспериментальных данных и выводы.* Результаты эксперимента заносятся в таблицу, анализируются по отношению к поставленной проблеме и гипотезы. В данном методе указывается путь проведения эксперимента, но без алгоритмизации его проведения, лишаящей возможности творчества в работе, показана логика мысли, обоснованность каждого этапа действия. Работа студента по схеме исследовательского метода дает больший развивающий эффект. При таком подходе он вынужден несколько раз осмыслить всю суть предстоящего эксперимента. Такая деятельность способствует развитию абстрактно-логического мышления, интуиции, воображения, восприятия и других навыков и умений творческого познавательного процесса.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Хуторской, А. В. Деятельностный подход в дидактической эвристике / А. В. Хуторской, Л. Н. Хуторской // Адукация и выхаванне. – 1988. – № 7.– С. 15–22.
2. Давыдов, В. В. Проблемы развивающего обучения: опыт теоретического и экспериментального исследования / В. В. Давыдов. – М.: Педагогика, 2006. – 208 с.
3. Герц, Г. Соотношение между экспериментом, моделью и теорией в процессе естественнонаучного познания / Г. Герц. – Москва – Берлин, 1982. – 265 с.

## КОМПРЕССИОННАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ОРГАНИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ БИОГЕННЫХ ГРУНТОВ

**Н. В. Васильева**, канд. техн. наук, доцент

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** биогенный грунт, минеральная, органическая составляющая.

**Аннотация.** Биогенный грунт, состоящий из минеральной органической составляющей, используется в строительстве в качестве основания под сооружения и материала для возведения сооружений. Основную нагрузку на основание от сооружений воспринимает органическая составляющая так как она занимает большую часть объема биогенного грунта. Выделение из общего массива основания позволяет определять осадку биогенного грунта, используя полученные формулы.

**Keywords:** biogenic soil, mineral, organic component.

**Annotation.** Biogenic soil consisting of a mineral organic component is used in construction as a basis for structures and material for the construction of structures. The rest of the load on the base from structures perceives the organic component as it occupies most of the volume of biogenic soil. The allocation from the general array of the base allows you to determine the precipitation of biogenic soil using the resulting formulas.

**Введение.** Биогенные грунты – современные органо-минеральные отложения осадочного происхождения с повышенным содержанием органического вещества. Биогенный грунт состоит из следующих фаз: жидкой и твердой, состоящей из минеральной и органической составляющих [4].

В единице объема для подавляющего большинства биогенных грунтов их минеральная составляющая занимает несопоставимо малый, в сравнении с органической составляющей объем. Минеральная составляющая биогенных грунтов способна связать и удерживать в структуре грунта значительно меньше количество воды, чем органическая. Органическая составляющая является основой каркаса биогенного грунта, который несет основную нагрузку от сооружений, строя-

щихся на этих грунтах. Уплотнением минеральной составляющей можно пренебречь, считая ее не сжимаемой. Деформация уплотнения будет происходить в результате отжатия воды из образца, и уплотняться будет лишь органическая составляющая [1].

В общем случае объём образца водонасыщенного биогенного грунта состоит [2]:

$$V_{\text{обр}} = V_{\text{орг}} + V_{\text{мин}} + V_{\text{в}},$$

где  $V_{\text{обр}}$  – объём образца;

$V_{\text{орг}}$  – объём органической составляющей;

$V_{\text{мин}}$  – объём минеральной составляющей;

$V_{\text{в}}$  – объём воды.

**Цель работы** – определение фазового состава и получение компрессионной зависимости биогенных грунтов.

**Материалы и методика исследования.** Для определения фазового состава взят образец торфа с исходными данными: торф древесно-осоковый, степень разложения  $R = 45\%$ ; влажность  $W = 205\%$ ; зольность  $Z = 21,56$ ; плотность твердой фазы  $\gamma_s = 1,67 \text{ г/см}^3$ ; коэффициент пористости  $\epsilon_0 = 3,43$ ; плотность воды,  $\gamma_{\text{в}} = 1,0 \text{ г/см}^3$ , начальная высота образца,  $h = 2,08 \text{ см}$ ; площадь образца,  $F = 25,5 \text{ см}^2$ ;

Плотность скелета грунта равна

$$\gamma_d = \frac{1}{0,01W + \frac{1}{\gamma_s}} = 0,3775 \text{ г/см}^3.$$

Плотность грунта в образце будет равна

$$\gamma = \gamma_d(0,01W + 1) = 1,1515 \text{ г/см}^3.$$

Объём образца в компрессионном кольце равен

$$V_{\text{обр}} = F \cdot h = 25,5 \cdot 2,08 = 53,04 \text{ см}^3.$$

Масса образца равна

$$P_{\text{обр}} = \gamma \cdot V_{\text{обр}} = 1,1515 \cdot 53,04 = 61,076 \text{ г}.$$

Объём твердой фазы образца

$$m = \frac{\gamma_d}{\gamma_s} = \frac{0,3775}{1,67} = 0,2260.$$

Объём пор в образце

$$n = 1 - m = 1 - 0,2260 = 0,7740.$$

Масса воды в образце

$$P_v = V_{\text{обр}} \cdot n \cdot \gamma_v = 53,04 \cdot 0,7740 \cdot 1,0 = 41,053 \text{ г.}$$

Масса твердой фазы образца

$$P_{\text{тв. ф}} = P_{\text{обр}} - P_v = 61,076 - 41,053 = 20,023 \text{ г.}$$

Твердая фаза образца состоит из минеральной и органической составляющих

$$P_{\text{тв. ф}} = P_{\text{мин}} + P_{\text{орг.}}$$

Масса минеральной составляющей образца будет равна

$$P_{\text{мин}} = \frac{P_{\text{тв. ф}} \cdot Z}{100} = \frac{20,023 \cdot 21,56}{100} = 4,317 \text{ г.}$$

Масса органической составляющей образца составит

$$P_{\text{орг}} = P_{\text{тв. ф}} - P_{\text{мин}} = 20,023 - 4,317 = 15,706 \text{ г.}$$

Объём твердой фазы образца будет равен

$$V_{\text{тв. ф}} = V_{\text{обр}} \cdot m = 53,04 \cdot 0,226 = 11,987 \text{ см}^3.$$

Объём воды в образце:

$$V_v = V_{\text{обр}} - V_{\text{тв. ф}} = 53,04 - 11,987 = 41,053 \text{ см}^3.$$

Минеральная и органическая составляющая в образце способны связать определенное количество воды. Количество воды, связанное минеральной составляющей составит

$$P_v^{\text{мин}} = \frac{P_{\text{мин}} \cdot W_{\text{мин}}}{100} = \frac{4,317 \cdot 20}{100} = 0,863 \text{ г.}$$

Следовательно, при принятых значениях параметров объём минеральной составляющей для рассматриваемого примера равен:

$$V_{\text{мин}} = \frac{P_{\text{мин}}}{\gamma_{\text{мин}}} = \frac{4,317}{2,1} = 2,056 \text{ см}^3.$$

Масса воды связанная органической составляющей будет равна

$$P_v^{\text{орг}} = P_v - P_v^{\text{мин}} = 41,053 - 0,863 = 40.$$

Влажность органической составляющей имеет значение 190 г

$$W_{\text{орг}} = \frac{P_{\text{в}}^{\text{орг}} \cdot 100}{P_{\text{орг}}} = \frac{40,190 \cdot 100}{75,706} = 255,89 \%$$

Плотность скелета органической составляющей образца равна

$$\gamma_d^{\text{орг}} = \frac{1}{0,01W + \frac{1}{\gamma_s^{\text{орг}}}} = \frac{1}{0,01 \cdot 255,89 + \frac{1}{1,5}} = 0,310 \text{ г/см}^3.$$

Плотность органической составляющей имеет значение

$$\gamma_{\text{орг}} = \gamma_d^{\text{орг}} \cdot (0,01W_{\text{орг}} + 1) = 0,310 \cdot (0,01 \cdot 255,89) + 1 = 1,103 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}.$$

Объем органической составляющей

$$V_{\text{орг}} = V_{\text{тв. ф}} - V_{\text{мин}} = 11,987 - 2,056 = 9,93 \text{ см}^3.$$

Коэффициент пористости органической составляющей равен

$$\varepsilon_{\text{орг}} = \frac{\gamma_s^{\text{орг}}}{\gamma_d^{\text{орг}}} - 1 = \frac{1,5}{0,310} = 3,838.$$

Коэффициент пористости образца

$$\varepsilon_{\text{орг}} = \frac{\gamma_s}{\gamma_d} - 1 = \frac{1,670}{0,3775} - 1 = 3,43.$$

Для аппроксимации экспериментальных компрессионных кривых используем логарифмическое уравнение (для всех видов биогенных грунтов зависимости в координатах) [3].

$$\frac{\varepsilon_i}{\varepsilon_0} = \frac{\varepsilon_0^{\phi}}{\varepsilon_0} - a_k \cdot \ell q \frac{p}{p_0},$$

где  $\varepsilon_i$  – коэффициент пористости, соответствующий приложенной нагрузке  $P$ ,  $\text{кг/см}^2$ ;

$\varepsilon_0$  – начальный коэффициент пористости;

$\varepsilon_0^{\phi}$  – условный (начальный) коэффициент пористости;

$a_k \cdot \ell q \alpha$  – коэффициент полной компрессии (показатель сжимаемости);

$P_0$  – нагрузка, соответствующая точке пересечения скрепленного участка компрессионной кривой с осью ординат,  $P_0 = 0,1 \text{ кг/см}^2$ .

Начальный коэффициент пористости  $\varepsilon_0$  в естественном состоянии должен находиться на оси абсцисс при значениях  $P = 0$ , который в при-

нятых координатах расположен на  $-\infty$ . Поэтому за начальное значение коэффициента пористости принимаем некоторое условное значение  $\varepsilon_0^\Phi$ , соответствующее точке пересечения прямолинейного участка компрессионной зависимости с осью ординат при  $P = 0,1 \text{ кг/см}^2$ . Значения показателей  $\varepsilon_0^\Phi$  и  $a_k$  зависят от показателей физических свойств, состава и состояния биогенных грунтов. Математическая форма связи между этими показателями получена на основе графического анализа соотношений между  $\varepsilon_0^\Phi$  и  $\varepsilon_0$  и  $\varepsilon_0^\Phi$  и  $a_k$ , в численном выражении имеет следующее значение:

$$\varepsilon_0^\Phi = 1,3826 \cdot \varepsilon_0^{0,8448};$$

$$a_k = 0,1231 \cdot \varepsilon_0^{0,5717}.$$

Подставляя полученные выражения в уравнение компрессионной кривой, получаем формулу для построения компрессионной кривой для биогенных грунтов в зависимости от одного параметра  $\varepsilon_0$  по традиционному подходу к анализу экспериментальных данных

$$\varepsilon_i = 1,3836 \cdot \varepsilon_0^{0,845} - (0,147 \varepsilon_0^{0,483}) \cdot \varepsilon_0 \rho \frac{p}{p_0}.$$

**Заключение.** Полученная зависимость для расчета компрессионных кривых позволяет рассчитывать их по показателям физических свойств биогенных грунтов вместо длительных и трудоемких испытаний в лабораторных условиях.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лысенко, М. П. Состав и физико-механические свойства грунтов / М. П. Лысенко. – М.: Недра, 1972. – 320 с.
2. Черник, П. К. Расчет фазового состава биогенных грунтов / П. К. Черник, Н. В. Васильева // Сб. науч. тр. Белорус. НИИ мелиорации и луговодства. – Т. XLV. – Минск, 1998. – С. 80–88.
3. Черник, П. К. Рекомендации по инженерно-геологическим изысканиям болотных отложений под сооружениями. – Минск, 1977. – 28 с.
4. Рубинштейн, А. Я. Биогенные грунты / А. Я. Рубинштейн. – М.: Стройиздат, 1984. – 108 с.

## ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОТОКА ВОДЫ И ПОДАЧА ЗАДАННЫХ РАСХОДОВ НА ОТКРЫТЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛАХ

**Н. В. Кузнецова**, д-р с.-х. наук, профессор

**К. М. Мелихов**, канд. техн. наук

**О. В. Козинская**, канд. с.-х. наук

**М. А. Денисова**, канд. техн. наук

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет»,  
г. Волгоград, Россия

**Ключевые слова:** водомерные устройства, коэффициент гидродинамического сопротивления, трубчатый водовыпуск, автоматизация подачи воды.

**Аннотация.** Одним из главных направлений повышения эффективности оросительных систем является автоматизация процесса водораспределения с организацией оперативного и достоверного водочета. В настоящее время на оросительных системах Волгоградской области учет воды проводится на гидрометрических постах (створах) с помощью гидрометрических вертушек. Существующая техника и организация гидрометрических работ на оросительных системах требует технического совершенствования, внедрения простых, надежных и энергонезависимых средств водочета и водораспределения.

**Keywords:** water meter devices, hydrodynamic resistance coefficient, tubular water, automation of water supply.

**Annotation.** One of the main directions for increasing the efficiency of irrigation systems is automation of the water distribution process with the organization of operational and reliable waterwork. Currently, on irrigation systems of the Volgograd region, water accounting is carried out at hydrometric posts (stems) using hydrometric turntables. The existing technique and organization of hydrometric work on irrigation systems requires the technical improvement, introduction of simple, reliable and energy-dependent tools for waterwork and water distribution.

В настоящее время в Волгоградской области площадь регулярного орошения составляет 193,5 тыс. га. Третья часть оросительных угодий

находится в Заволжье. Здесь функционируют достаточно крупные оросительные системы с большим потенциалом, который, к сожалению, не используется: Тажинская и Ленинская (7966 га); Большая Волгоградская (15978 га); Кисловская (7462 га); Заволжская (12943 га); Палласовская (11596 га). На оросительных системах практически нет водомерных сооружений. Гидравлическая особенность каналов, рассматриваемых оросительных систем, заключается в том, что каналы имеют незначительные уклоны – 0,0007...0,00006. Скорость потока составляет менее 0,9 м/с. Каналы подвержены заилению, они работают в подпорных режимах при максимальном наполнении, обеспечивая заданное командование над орошаемыми участками. В бьефах каналов аккумулируются резервные объемы воды, которые можно использовать для внедрения технических средств с гидроприводом.

Нами предлагаются водомерные устройства, которые имеют чувствительный элемент в виде лопасти, диска и решетки. [1]

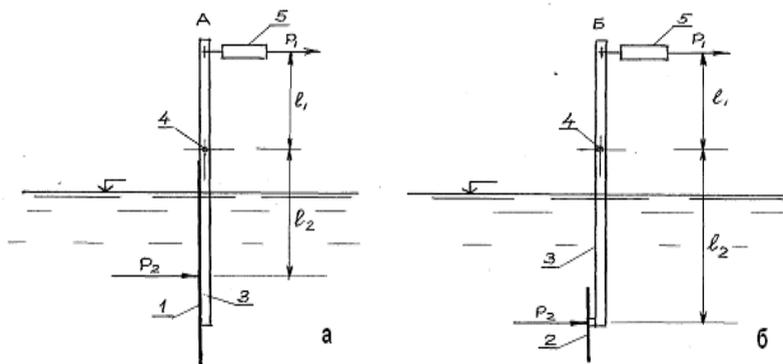


Рис. 1. Схемы переносных водомерных устройств:  
 а – водомерное устройство с лопастью;  
 б – водомерное устройство с диском, или решеткой

С точки зрения гидравлики необходимо знать взаимодействие водного потока с чувствительным элементом. Это взаимодействие можно изучить с помощью определения коэффициента гидродинамического сопротивления. Зная этот коэффициент и значение силы сопротивления, можно определить скорость движения воды в канале и расход:

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot P}{C_D \cdot F \cdot \rho}};$$

$$Q = \omega_K \cdot v \cdot K, \tag{1}$$

где  $\omega_K$  – площадь поперечного сечения канала;

$K$  – коэффициент, учитывающий; неравномерность распределения скоростей по поперечному сечению канала;

$P$  – величина силы сопротивления;

$\rho$  – плотность жидкости;

$F$  – площадь элемента, погруженного в жидкость;

$C_D$  – коэффициент гидродинамического сопротивления.

Данная методика расчета справедлива при следующей конфигурации распределения гидродинамического давления по плоскому элементу (рис. 2):

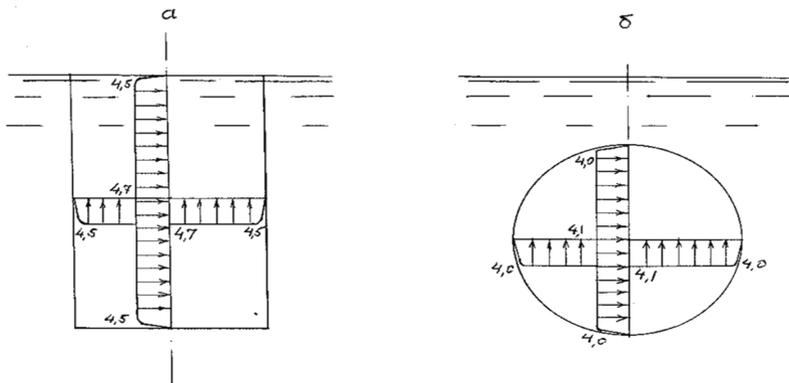


Рис. 2. Распределение гидродинамического давления по элементу

Для изучения изменения коэффициента гидродинамического сопротивления в зависимости от турбулентности потока мы провели лабораторные исследования, в ходе которых были замерены скорость и гидродинамическое давление на чувствительный элемент. Геометрический масштаб моделирования лабораторной установки принят  $\lambda = 3$ . Основным критерием динамического подобия является критерий Фруда, с учетом которого полученные данные пересчитаны на натурные условия:

$$Q_H = Q_M \cdot \sqrt{\lambda^5}, \quad (2)$$

где  $Q_H$  – расход в натуральных условиях;

$Q_M$  – расход модели.

Максимальный расход модели достигал  $0,050 \text{ м}^3/\text{с}$ . Расход лабораторной установки определяли по среднему значению с помощью двух трапецеидальных водосливов по формуле:

$$Q = m \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot H^{\frac{3}{2}}, \quad (3)$$

где  $m$  – коэффициент расхода водослива (для угла  $45^\circ$ ,  $m = 0,42$ );

$b$  – ширина водослива по нижней грани (для 1-го водослива  $b = 0,5 \text{ м}$ ; для второго –  $0,51 \text{ м}$ );

$H$  – напор на водосливе, м.

После обработки результатов были получены графические зависимости: зависимость коэффициента гидродинамического сопротивления от числа Рейнольдса и степени перекрытия потока.

При обследовании гидротехнических сооружений на оросительных системах Волгоградского Заволжья установлено, что более 50 % водовыпусков в каналы – оросители имеют перепады уровня воды между верхним и нижним бьефами от 0,5 до 2,8 м, то есть гидравлическая энергия потока, которую можно использовать для регулирования расхода воды. Регулировать же расход и уровень воды в каналах – оросителях при значительных перепадах необходимо, так как трудно обеспечить подачу заданного расхода воды и его потребления существующими затворами: плоскими или типа «хлопушка». Как правило, подается или завышенный расход, или наоборот заниженный и редко подается заданный. Поэтому необходимо постоянно дежурить регулировщику на водовыпусках при проведении поливов. Подавать завышенный расход, даже при первоначальном наполнении, нежелательно, так как каналы – оросители не имеют уклона или имеют минимальный уклон и большую длину (до 2000 м.) и при подаче расхода выше его пропускной способности приведет к переполнению канала, переливу через дамбы и их размыву. Нами предложен автоматический трубчатый водовыпуск следующей конструкции [2].

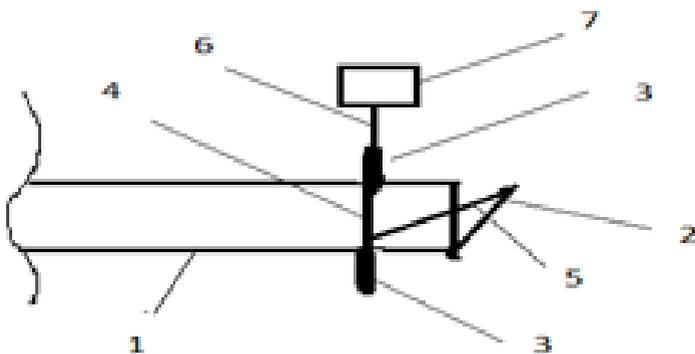


Рис. 3. Автоматический трубчатый водовыпуск:  
 1 – труба водовыпуска; 2 – запорная крышка водовыпуска;  
 3 – направляющие верхняя и нижние трубки;  
 4 – рабочий шток поплавка в виде трубки;  
 5 – гибкий трос, соединенный с рабочим штоком поплавка;  
 6 – верхняя часть рабочего штока поплавка из металла или пластмассы;  
 7 – поплавок

Данный авторегулятор необходим для поддержания оптимального уровня воды при защите земель от водной эрозии, при наименьших затратах на его производство и эксплуатацию. Порядок работы авторегулятора следующий. Предварительно в результате исследований устанавливается оптимальный уровень в водотоках. После чего монтируется авторегулятор уровня в том или ином бьефе, или в обоих сразу, при этом агрегат монтируется на любой глубине в зависимости от длины рабочего штока поплавка 4, а нижняя кромка поплавка 7 на требуемом уровне воды. При достижении водой заданного уровня поплавков 7 по направляющим трубкам 3 поднимает рабочий шток 4, по которому передается усилие через гибкий трос 5 на запорную крышку 2 и при достижении определенного уровня водовыпуск закрывается.

Преимущества данной конструкции в следующем: простая конструкция, которую можно выполнить без специального оборудования в условиях фермерского хозяйства, работа в автоматическом режиме не требующим участия человека, отсутствие автономных источников энергии.

1. Существующие способы измерения расхода с помощью рейки и гидрометрической вертушки дают существенные погрешности в измерениях, поэтому требуют усовершенствования.

2. Предлагаемые водомерное устройство для водоучета в каналах оросительных систем имеют простую конструкцию, легко монтируются и демонтируются, и показали надежность в работе.

3. Исследованиями установлено, что наиболее простыми, точными и менее габаритными являются расходомеры с целостными плоскими элементами (лопасть, диск). Чувствительный элемент в виде решетки более громоздкий и имеет большее число факторов влияния на него гидродинамического давления, а следовательно, более сложно определить воздействие на него потоком, что влияет на точность определения расхода.

4. При одинаковой турбулентности в зависимости от перекрытия потока коэффициент гидродинамического сопротивления ( $C_D$ ) увеличивается в среднем на 20 %.

5. Полученная зависимость изменения скорости от гидродинамического давления может быть использована для определения расхода.

Как следствие измерения заданных расходов является автоматизация подачи заданных расход.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мелихов, К. М. Разработка и исследование средств учета воды и автоматизации подачи заданных расходов на открытых оросительных системах Волгоградского Заволжья: дис. ... канд. техн. наук / К. М. Мелихов. – Волгоград, 2003. – 207 с.

2. Ганкин, М. З. Комплексная автоматизация и АСУТП водохозяйственных систем / М. З. Ганкин. – М.: Агропромиздат, 1991. – 432 с.

3. Melikhov, K. M. Development and research of water meters and automation of supply given cost of public irrigation systems of the Volgograd TRANS-Volga region: dis. candidate of technical science – 2003. – P. 207.

4. Hankin, M. Z. Integrated automation and process control systems water management systems. – М.: Агропромиздат, 1991. – P. 432.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛАНСА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ  
ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПЛОЩАДКИ  
ДЛЯ СТОЯНКИ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ  
В ПРОГРАММНОМ МОДУЛЕ GEONICS**

**Е. В. Шабрина**, ст. преподаватель

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** баланс земляных работ, вертикальная планировка, рельеф, картограмма, программный модуль GeoniCS.

**Аннотация.** В данной статье рассматривается технология составления картограммы земляных масс для определения баланса земляных работ в программном модуле GeoniCS на примере строительства площадки для стоянки грузовых автомобилей в д. Чимимрин.

**Keywords.** Earthwork balance, vertical planning, relief, cartogram, Geonics software module.

**Annotation.** This article considers the technology for compiling a cartogram of earth masses to determine the balance of earthwork in the Geonics software module on the example of the construction of a parking lot for trucks in the village of Chimimrin.

**Актуальность.** В современном строительном процессе при вертикальной планировке площадок совершенно необходимым является использование автоматизированных приборов и систем для контроля производства земляных работ и геодезического управления работой строительных машин и механизмов. Важным этапом при возведении нового объекта является подготовка строительной территории. Эта работа требует преобразования рельефа в специальную площадку, согласно проекту вертикальной планировки. Для подсчета баланса земляных работ составляется Картограмма земляных масс.

**Методика и содержание исследования.** Основу документа составляет геодезическая подоснова с вертикальной планировкой участка в определенном масштабе. Геоподоснова отражает высоту в виде точек или горизонтальных линий. На чертеже вертикальной планировки обозначается уровень земли. Картограмма земляных работ считается после того, как произведена вертикальная планировки и имеются

две поверхности: красная и черная. Картограмма земляных работ составляется поэтапно согласно инструкции [1].

Для этого в программном модуле GeoniCS идем **по ссылке «Вертикальная картограмма»**. Меню картограмма представлена на рис. 1.

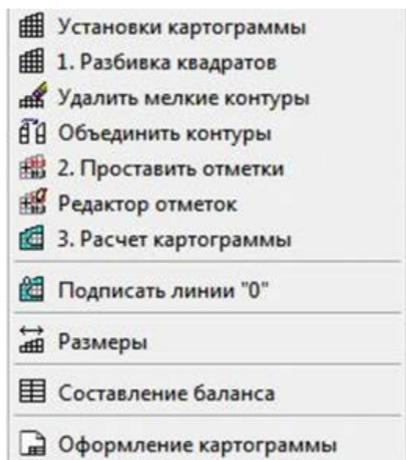


Рис. 1. Вид меню

Начальные установки оставим по умолчанию.

Первый пункт – это разбивка квадратов. В зависимости от площади территории выбираем величину стороны квадрата. Она может быть от 10 до 50 м. Желательно сохранять пяти или десяти кратность шага. В нашем случае выбираем величину в 10 метров.

Отрисовываем границы картограммы полилинией и замкнем её, т. е. ту зону, в которой будет производиться разбивка квадратов и соответственно рассчитываться картограмма. Выбор границы картограммы определяется проектным решением, который затронет любые земляные работы при проектировании объекта строительства.

Кликаем на строке **«Разбивка квадратов»** пункта 1 меню **«Картограмма»**, затем выбираем нашу границу, а после указываем начальную точку отрисовки квадратов – нижний левый угол.

При необходимости объединения контуров соприкасающихся квадратов, кликаем на **«Объединить контуры»**, а затем на общей границе между квадратами – грань удалится.

В пункте 2 проставляем отметки в углах сетки квадратов. Кликаем на соответствующей строке и ждем – «Да». Просчет отметок произведется автоматически. Если проставились ненужные отметки, можно удалить их вручную.

В пункте 3 рассчитываем объемы насыпи и выемки на территории планировки и результат сведется в табличную форму.

Расчет может быть выполнен двумя методами: метод «ручного» расчета делается четко по отметкам в вершинах фигур и позволяет произвести ручную проверку полученных значений. Этот метод не будет учитывать детали рельефа внутри фигур; метод «по призмам» производит абсолютно точный расчет объемов как по всей поверхности, так и в заданных контурах с учетом деталей рельефа

Далее подписываем линию нулевых работ, проставляя на ней цифру ноль из пункта «Подписать линии «0»». Затем проставим вертикальные и горизонтальные размеры на наших квадратах.

Идя по порядку, вынесем в чертеж таблицу объемов земляных масс [2]. Для этого кликнем на пункт «Составление баланса» затем нажимаем клавишу «Enter» и клик в области чертежа куда и вставиться табличная форма (таблица). Заполняется она вручную и выносится на чертеж вместе с картограммой.

**Ведомость объемов земляных масс**

Наименование грунта	Количество, м <sup>3</sup>	
	Насыпь	Выемка
Грунт планировки территории	56398	95975
Вытесненный грунт	8112	10720
Грунт для устройства земляного полотна автодорог		
Грунт для устройства земляного полотна железнодорожных путей		
Грунт для устройства высоких полов зданий и обвалований сооружений		
Поправка на уплотнение (остаточное рыхление)		
Всего природного грунта	64853	84981
Избыток природного грунта		20128
Грунт непригодный для устройства насыпи оснований зданий (сооружений), подлежащий удалению с территории	343	274
Плодородный грунт, всего		18832
В т. ч.:		
а) используемый для озеленения территории		3022
б) избыток природного грунта		15810
Итого перерабатываемого грунта	64853	95975

**Результаты исследований и их обсуждение.** Подводя итог, необходимо заметить, что чем точнее будут построены цифровые мо-

дели рельефа (поверхности), тем более точный результат будет получен в итоге, что особенно важно на больших площадях и при малой толщине отсыпаемого слоя. Инструменты GeoniCS позволяют автоматизировать данный процесс.

В результате была получена картограмма, на которой указываются линия нулевых работ, отмечаются участки выемки и насыпи, объемы земляных работ, направления перемещения грунта (рис. 2).

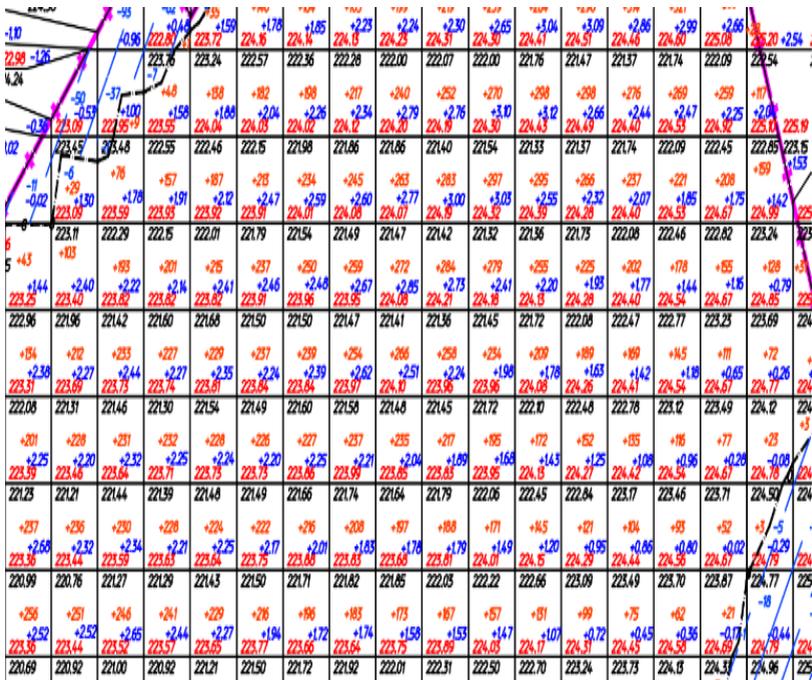


Рис. 2. Фрагмент плана земляных масс

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ТКП 45-1.03-313-2018 (33020). Геодезические работы в строительстве. Основные положения. – Взамен ТКП 45-1.03-26-2006 (02250), ТКП 45-1.03-106-2008 (02250) ; введ. 01.05.2018. – Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь: Стройтехнорм, 2018. – IV, 13 с.
2. ТКП 45-1.02-293-2014 (02250). Инженерные изыскания для строительства. Условные обозначения для инженерно-топографических планов масштабов 1:1000, 1:500, 1:200. – Минск, 2014. – 138 с.

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕНОКОСНЫХ  
МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ТРАВΟΣМЕСЕЙ  
ПРИ ПРИМЕНЕНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ  
И БАКТЕРИАЛЬНЫХ ПРЕПАРАТОВ**

**А. С. Кукреш**, канд. с.-х. наук, доцент

**Ю. Н. Дуброва**, канд. с.-х. наук, доцент

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** бактериальные препараты, минеральные удобрения, травосмеси, урожайность, продуктивность, агроэнергетическая эффективность, рентабельность.

**Аннотация.** В статье представлены результаты оценки эффективности применения минеральных удобрений и бактериальных препаратов при возделывании многокомпонентной бобово-злаковой травосмеси. Применение бактериальных препаратов по данным статьи является выгодным приемом, так как повышает микробиологическую активность почвы, способствует снабжению растений дополнительным азотом, что благоприятно сказывается на урожайности травостоев и качестве продукции.

**Keywords:** bacterial drugs, mineral fees, grass mixtures, productivity, productivity, agroenergetic efficiency, profitability.

**Annotation.** The article presents the results of the evaluation of the effectiveness of the use of mineral fertilizers and bacterial drugs when cultivating multicomponent bean-green grass. The use of bacterial preparations according to the article is a beneficial technique, as it increases the microbiological activity of the soil, helps to supply plants with additional nitrogen, which favorably affects the yields of herbows and the quality of products.

Оптимизация кормопроизводства с учетом потребности животных и наличия материальных ресурсов на современном этапе становится особо актуальной задачей. Решение ее сводится к обеспечению потребности животноводства в высококачественных кормах и связано с проблемами биологизации земледелия, сохранением плодородия почвы и охраны окружающей среды, поэтому важное значение приобретает планирование и организация адаптивного кормопроизводства путем

подбора культур и совершенствования технологий их возделывания с высоким качеством получаемой продукции и низкими экономическими и энергетическими затратами.

В связи с этим приоритетным направлением является создание бобово-злаковых травосмесей совместно с использованием бактериальных препаратов, которые наряду со снижением затрат на производство продукции, обеспечивают получение корма с высоким содержанием белка, минеральных веществ и витаминов. Множество исследований по эффективности применения бактериальных препаратов на монокультурах было проведено, которые показали их высокую эффективность (1, 2, 3). Изучения эффективность применения их в многокомпонентных травосмесях не проводилось. В связи с этим нами и была поставлена задача выявить эффективность применения бактериальных препаратов при возделывании многокомпонентной бобово-злаковой травосмеси.

С этой целью на опытном поле «Гушково» УО БГСХА были проведены исследования по выявлению эффективности применения диазотрофных и фосфатмобилизирующих препаратов на различных фонах минерального питания при возделывании бобово-злаковой травосмеси, включающей: клевер луговой Долголетний, клевер ползучий Волат, тимофеевка луговая Волна, кострец безостый Моршанский 760.

Схема опыта включала следующие блоки: контроль (без удобрений), фон  $P_{60}K_{110}$  и  $P_{60}K_{110} + N_{40}$ . Блоки включали по три варианта: контроль (без инокуляции), инокуляция бобовых компонентов травосмеси сапронитом и совместная инокуляция бобовых и злаковых компонентов сапронитом и фитостимифосом.

Обработка семян многолетних трав бактериальными препаратами велась из расчета 200 г на гектарную норму семян.

Результаты исследований показали, что использование минеральных удобрений в сочетании с бактериальными препаратами оказало достоверно положительное влияние на урожайность и продуктивность возделываемой бобово-злаковой травосмеси (табл. 1).

В среднем за годы исследований применение фосфорных и калийных удобрений в дозе  $P_{60}K_{110}$  способствовало увеличению урожайности травосмеси в сумме за 2 укоса на 1.26 т/га, а полного минерального удобрения в дозе  $N_{40}P_{60}K_{110}$  соответственно на 2.84 т/га. Из изучаемых бактериальных препаратов наиболее эффективным было использование для обработки семян бобовых компонентов травосмеси симбиотического препарата сапронит. Применение данного препарата

способствовало повышению урожайности бобово-злаковой травосмеси на фоне без удобрений на 0.85;  $P_{60}K_{110}$  – 1.09 и  $N_{40}P_{60}K_{110}$  – на 1.24 т/га по сравнению с соответствующими вариантами без инокуляции.

Таблица 1. Продуктивность бобово-злаковой травосмеси при использовании минеральных удобрений и бактериальных препаратов (в среднем за 3 года)

Варианты	Урожайность т/га с. в.	Сбор к. ед., т/га	Выход ОЭ, ГДж/га	Сбор переваримого протеина, кг/га	Обеспеченность к. ед. переваримым протеином, г/к. ед.
<b>Контроль (без удобрений)</b>					
Без инокуляции	6.91	5.0	56.6	565.8	113.1
Сапронит	7.76	5.68	63.9	703.1	123.4
Сапронит + фитостимфос	7.41	5.40	61.0	639.9	118.1
<b><math>P_{60}K_{110}</math></b>					
Без инокуляции	8.17	5.97	67.7	712.0	119.3
Сапронит	9.26	6.83	76.8	896.7	131.1
Сапронит + фитостимфос	8.91	6.55	73.9	831.8	126.5
<b><math>P_{60}K_{110} + N_{40}</math></b>					
Без инокуляции	9.75	7.17	80.8	869.8	121.2
Сапронит	10.99	8.15	91.4	1095.6	133.7
Сапронит + фитостимфос	10.65	7.90	88.7	1026.6	129.2

НСП<sub>05</sub>(А)                    0.14–0.46  
НСП<sub>05</sub>(В)                    0.16–0.33

Помимо положительного действия минеральных удобрений и бактериальных препаратов на урожайность травосмеси они оказали существенное влияние на показатели продуктивности. Так, наибольший эффект был получен при сочетании внесения полного минерального удобрения  $N_{40}P_{60}K_{110}$  и инокуляции семян бобовых сапронитом. При этом увеличение сбора переваримого протеина составило 529.8 кг/га, сбора кормовых единиц – 3.15 т/га, выхода обменной энергии – 34.8 ГДж, обеспеченности кормовой единицы переваримым протеином – 20.6 г по сравнению с вариантом без инокуляции неудобренного фона.

Данные по агроэнергетической и экономической оценке эффективности применения минеральных удобрений в сочетании с бактериальными препаратами подтверждают их высокую эффективность при возделывании бобово-злаковой травосмеси (табл. 2).

Таблица 2. Эффективность использования минеральных удобрений и бактериальных препаратов при возделывании бобово-злаковой травосмеси

Варианты	Затраты совокупной энергии МДж		Энергетический коэффициент	Рентабельность, %
	на 1 кг сырого протеина	на 1 к. ед.		
<b>Контроль (без удобрений)</b>				
Без инокуляции	23.4	3.9	2.9	90.5
Сапронит	19.2	3.5	3.2	114.0
Сапронит + фитостимифос	21.1	3.7	3.1	103.2
<b>P<sub>60</sub>K<sub>110</sub></b>				
Без инокуляции	21.4	3.7	3.0	94.2
Сапронит	17.3	3.3	3.4	120.2
Сапронит + фитостимифос	18.7	3.5	3.2	111.0
<b>P<sub>60</sub>K<sub>110</sub> + N<sub>40</sub></b>				
Без инокуляции	20.9	3.7	3.0	119.6
Сапронит	16.8	3.3	3.4	147.6
Сапронит + фитостимифос	18.0	3.4	3.3	139.9

Так расчет энергетической и экономической эффективности применения бактериальных препаратов и минеральных удобрений показал, что наиболее высокие ее показатели отмечены в варианте с сочетанием использования полного минерального удобрения N<sub>40</sub>P<sub>60</sub>K<sub>110</sub> и инокуляцией семян бобовых компонентов травосмеси сапронитом. Это выразилось в снижении совокупной энергии в расчете на 1 кг сырого протеина и кормовую единицу, повышении коэффициента энергетической эффективности и рентабельности производства. Так при сочетании инокуляции бобовых компонентов сапронитом с полным минеральным удобрением затраты совокупной энергии на производство килограмма сырого протеина по сравнению с вариантом без инокуляции неудобренного фона уменьшились на 6.6 МДж, затраты на одну кормовую единицу на 0,6 МДж, а коэффициент энергетической эффективности повысился на 0.3 ед.

Данные экономической оценки подтверждают данные энергетической эффективности использования бактериальных препаратов и минеральных удобрений. При этом сочетание полного минерального удобрения N<sub>40</sub>P<sub>60</sub>K<sub>110</sub> и инокуляции бобовых компонентов сапронитом позволило повысить рентабельность производства до 147,6 %.

Таким образом, наиболее эффективным приемом повышения эффективности возделывания бобово-злаковых травосмесей является сочетание применения минеральных удобрений в дозе N<sub>40</sub>P<sub>60</sub>K<sub>110</sub> с

инокуляцией семян бобовых компонентов травосмесей симбиотическим препаратом сапронит.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Корнилов, А. А. Продвижение эспарцета в засушливые и степные районы и роль клубеньковых бактерий / А. А. Корнилов, В. Г. Вергелецкая // Микробиология. – 1952. – Вып. 4, Т. 20. – С. 423–428.

2. Bushby, H. V. A. and another. Water status of rhizobia in relation to their susceptibility in dessication and to their protection by montmorillonite / H. V. A. Bushby, K. C. Marschall // Gen. Microbiol. – 1977. – Vol. 99, № 1. – P. 19–27.

3. Агафонова, Е. В. Применение ризоторфина на горохе / Е. В. Агафонова, М. Ю. Стукалов, Л. Н. Агафонова // Земледелие. – 2002. – № 5. – С. 28.

УДК 631.671

## ОЦЕНКА ИЗМЕНЧИВОСТИ БИОТЕРМИЧЕСКИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ ПРИ ОРОШЕНИИ

**И. А. Романов**, ассистент

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** орошение, водный баланс, водопотребление, многолетние травы, биотермические коэффициенты

**Аннотация.** В данной статье выполнена оценка динамики биотермических коэффициентов для многолетних трав 3-укосного использования. Оценка выполнена по результатам опытов, проведенных на оросительном комплексе Тушково. Анализ показал, что изменчивость коэффициентов носит циклический характер, который коррелирует с фазами развития многолетних трав.

**Keywords:** irrigation, water balance, water consumption, perennial herbs, biothermic coefficients

**Annotation.** In this article, the dynamics of biothermic coefficients for perennial herbs of 3-term use are assessed. The assessment was made according to the results of experiments conducted on the irrigation complex of Tushkovo. The analysis showed that the variability of the coefficients is cyclic in nature, which correlates with the phases of the development of perennial herbs.

Территория Беларуси относится к зоне с неустойчивыми погодными условиями, для которой характерны как периоды с продолжитель-

ными осадками, так и периоды с засушливыми явлениями [1]. Многолетние травы в таких условиях требуют дополнительного увлажнения, особенно при формировании второго и третьего укоса [2, 3].

Для дополнительного увлажнения многолетних трав наиболее подходящим способом полива является дождевание.

При дождевании вода подается к растениям в виде искусственного дождя, который максимально имитирует естественные атмосферные осадки. Зачастую при дождевании, полив выполняется не сразу на всем участке поля, а постепенно в виде фронта дождя, и этот процесс может быть растянут на несколько дней при котором за один полив обычно подается от 10 мм до 30 мм осадков, а количество поливов за сезон на 1 га достигает 2–5 раз в зависимости от увлажненности года. В таких условиях требуется очень точно определить сроки полива, чтобы не допустить снижение влагозапасов почвы ниже заданного режима орошения.

Для определения сроков полива наиболее простым методом является метод водного баланса. Процесс водобалансового расчета состоит из последовательных операций, направленных на определение приходных (осадки, поливы) и расходных элементов (водопотребление, сток) в конце очередного расчетного интервала, начиная от исходной даты (начало расчета) и завершая концом оросительного периода. От точности водобалансового расчета зависит точность определения даты начала очередного полива [4].

Биотермические коэффициенты используются при определении такого расходного элемента водного баланса как водопотребление. Они отражают биологические особенности культур в фазы их развития, и соответствуют приращению водопотребления орошаемой культуры при повышении максимальной температуры воздуха на один градус [5].

Для анализа изменчивости биотермические коэффициенты многолетних трав мы использовали результаты полевых опытов, проводимых в УО БГСХА с 2017 по 2019 год на оросительном комплексе Тушково. Биотермические коэффициенты вычислялись между смежными датами отбора почвенных образцов при определении влагозапасов в расчетном слое почвы термостатно-весовым способом. На этом отрезке времени величина коэффициентов считалась постоянной.

На рис. 1 приведены хронологические графики среднедекадных биотермических коэффициентов для многолетних трав 3-укосного использования, полученные в годы исследований [4].

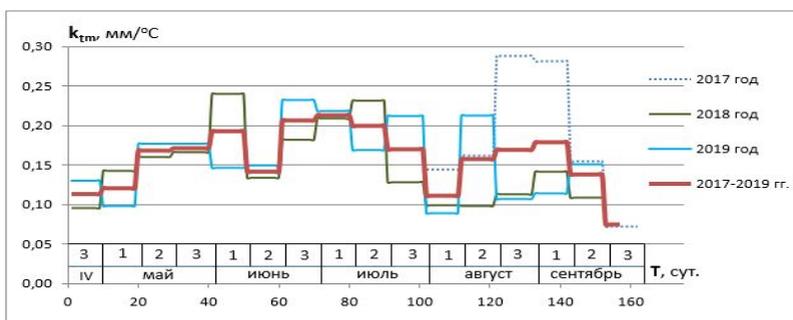


Рис. 1. Изменение биотермических коэффициентов многолетних трав 3-укосного использования по декадам вегетационных периодов 2017–2019 гг.

Анализ рис. 1 показывает повышение и понижения величины биотермических коэффициентов во время вегетационного периода, которую для одного отдельного года трудно увязать с динамикой роста биологической массы у многолетних трав в течение каждого укоса. Однако если выполнить осреднение биотермических коэффициентов по декадам вегетации за три года (2017–2019) мы можем четко наблюдать трехукосное использование травостоя. Есть пониженное водопотребление в начале вегетации каждого укоса, есть и максимум водопотребления в середине этой вегетации.

Таким образом анализ изменчивости биотермических коэффициентов за годы исследования показывает значительное влияние условий формирования урожая на изменчивость коэффициентов. Характер изменения коэффициентов схож с циклом и вызван укосами. Использование опытных данных за несколько лет позволяет определить осредненные коэффициенты, достаточно точно описывающие динамику роста биологической массы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вихров, В. И. Ретроспективные расчеты и пространственно-временная изменчивость сезонных показателей водного режима почв на территории Беларуси / В. И. Вихров. – Горки, 2019. – 176 с.
2. Дрозд, Д. А. Особенности развития клевера лугового при различной обеспеченности влагой / Д. А. Дрозд // Мелиорация. – 2018. – № 3 (85). – С. 69–73.
3. Технологии и техническое обеспечение производства высококачественных кормов: рекомендации / Мин-во сел. хоз-ва и прод. Респ. Беларусь, РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию», РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству», РУП «НПЦ НАН

Беларуси по механизации сельского хозяйства», РНДУП «Институт мелиорации». – Минск: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2013. – 74 с.

4. Романов, И. А. Влияние способа определения биотермических коэффициентов водопотребления растений на точность расчета водного баланса почвы / И. А. Романов, А. П. Лихацевич, Г. В. Латушкина // Мелиорация. – 2021. – № 1 (95). – С. 5–18.

5. Лихацевич, А. П. Зависимость водопотребления сельскохозяйственных культур от урожайности / А. П. Лихацевич, Г. В. Латушкина, С. В. Набздоров // Мелиорация. – 2018. – № 3 (85). – С. 17–23.

УДК 624.131.4

## АНАЛИЗ ЭМПИРИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ КОМПРЕССИОННОЙ КРИВОЙ ДЛЯ БИОГЕННЫХ ГРУНТОВ

**Н. В. Васильева**, канд. техн. наук, доцент

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** компрессионная кривая, биогенный грунт, коэффициент пористости.

**Аннотация.** Произведён анализ компрессионных кривых полученных рядом исследователей и предложена компрессионная кривая для всего диапазона нагрузок, который испытывает биогенный грунт под сооружениями и дорогами.

**Keywords:** compression curve, biogenic soil, porosity.

**Annotation.** An analysis of compression curves of the researchers received by a nearby and a compression curve for the entire load range that is experienced by biogenic soil under structures and roads was proposed.

В практике мелиоративного строительства Белоруссии накоплен значительный опыт использования биогенных грунтов в качестве оснований дамб, плотин, дорог, причем даже таких их разновидностей, которые в недалеком прошлом считались совершенно непригодными для этих целей. Однако для успешного решения задачи необходимо в каждом конкретном случае знать характеристики этих грунтов. Трудоемкий и длительный процесс получения характеристик, особенно, если учесть чрезвычайно большую пестроту свойств этих грунтов в поймах рек, а также большой объем работ по изучению свойств этих грунтов по трассам проектируемых сооружений сдерживают выполнение проектных разработок, поэтому многие исследователи делали попытки

получить зависимости между показателями физических свойств биогенных грунтов, а также физических и механических свойств. Разрабатывались экспресс-методы определения отдельных показателей. В результате многими исследователями были получены зависимости между отдельными показателями для разных видов биогенных грунтов, а также и некоторые общие зависимости для всех разновидностей, которые значительно упрощают процесс изысканий при проектировании. Однако эти зависимости (все они, как правило, эмпирические) не всегда показывают требуемую точность. Наиболее надежные из них – это зависимости между показателями физических свойств как для отдельных видов грунтов, так и общие. Зависимости же, описывающие прочностные и компрессионные характеристики, получены для отдельных видов грунтов и являются весьма приближенные. Если для определения прочностных характеристик разработаны полевые экспресс-методы, то для определения компрессионных свойств (сжимаемости грунтов) пока получены лишь эмпирические формулы, описывающие процесс сжимаемости отдельных видов этих грунтов в ограниченных диапазонах нагрузок.

Для всех видов грунтов (биогенных и минеральных), кроме просадочных, компрессионные кривые имеют вид плавных монотонно изменяющихся зависимостей. Для различных видов грунтов получаемые экспериментальные зависимости аппроксимируют той или иной кривой: параболой, логарифмической кривой, экспоненциальной, прямой линией. Анализ большого количества компрессионных кривых показал, что ни одна из перечисленных кривых не описывает экспериментальную зависимость для биогенных грунтов во всем диапазоне нагрузок. Наиболее распространенным уравнением, которое, используют при аппроксимации экспериментальных компрессионных кривых, является логарифмическое, которое хорошо описывает процесс на определенном участке.

Зависимость, предложенная К. П. Лундиным [1], имеет вид:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 - a_k \cdot \ln \cdot \frac{p + P_k}{P_k},$$

где  $\varepsilon$  – коэффициент пористости торфа, соответствующий давлению  $P$ ;

$\varepsilon_0$  – начальный коэффициент пористости торфа;

$p$  – внешнее давление;

$P_k$  – начальное внутреннее давление в торфе;

$a_k$  – показатели торфа (коэффициент полной компрессии).

По данным К. П. Лундина, значение  $\rho$  для торфяных грунтов изменяется в пределах от 0,001 до 0,125 кг/см<sup>2</sup>.

Профессором А. Ф. Печуровым установлено, что зависимости  $\varepsilon = \int (\lg P)$  на графиках выпрямляются и для осредненных по значению  $\varepsilon$  отдельных групп торфа сходятся в точке при  $\varepsilon = 1,0$  и  $\rho = 0,172$  кг/см<sup>2</sup>. Приняв значение внутреннего давления  $\rho = 2,45$  кг/см<sup>2</sup>, автор получил компрессионное уравнение, имеющее следующий вид:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 - \frac{\varepsilon_0 - 1}{2,85} \cdot \lg \frac{P}{25},$$

где  $P$  – давление, кг/см<sup>2</sup>.

На основании многочисленных компрессионных испытаний биогенных грунтов ученые П. А. Дрозд и В. Н. Заяц [3] получили следующее компрессионное уравнение:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 - a_k \cdot \ln \frac{P}{P_0},$$

где  $a_k$  – коэффициент полной компрессии (показатель сжимаемости);

$P_0$  – нагрузка, соответствующая структурной прочности (жесткости) грунта, 0,185 кг/см<sup>2</sup>.

Для  $a_k$  и  $P_0$  получены зависимости:  $a_k = 0,156 \cdot (E_0 - 0,36)^{1,1}$

$$P_0 = \frac{0,32}{\sqrt{3}}.$$

С учетом этих зависимостей и после замены натурального логарифма на десятичный уравнение компрессионной кривой имеет вид:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 - 0,36 \cdot (\varepsilon_0 - 0,36)^{1,1} \cdot \lg 3,12 \cdot p \cdot \sqrt{\varepsilon_0}.$$

Сотрудниками БелНИИМиВХ [4] предложено на начальном диапазоне нагрузок  $0 < p < p_1$  следующее выражение компрессионной кривой имеет вид:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 - a \cdot P,$$

где  $\varepsilon_0$  – начальный коэффициент пористости;

$\varepsilon$  – коэффициент пористости, который соответствует приложенному к грунту давлению  $P$ ;

$a$  – коэффициент сжимаемости.

Для грунтов с начальным коэффициентом пористости  $\varepsilon < 10$  значение  $a$  вычисляется по формуле:  $a = 0,2 \cdot \varepsilon_0^{1,8}$ .

Для грунтов с начальным коэффициентом пористости с  $\varepsilon > 10$   $a$  вычисляется по формуле:

$$a = 0,4 - 0,68 \cdot \varepsilon_0 + 0,23\varepsilon_0^2 - 0,006 \cdot \varepsilon_0^3 + 0,0004 \cdot \varepsilon_0^4.$$

Величина давления  $P$  для разновидностей биогенных грунтов вычисляется по формуле:  $P = 0,68 - 0,46 \cdot \lg \varepsilon_0$ .

Для давлений больших, чем  $P_1$ , компрессионная кривая рассчитывается следующим образом:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 - a_k \cdot \lg \left( \frac{\lg(P+1)}{\lg(\varepsilon_0+1)} \right),$$

где  $a_k$  – угловой коэффициент, численно равный тангенсу угла наклона прямой линии, построенной в координатах:

$$\{(\varepsilon_0 - \varepsilon) = \lg(P+1)\}.$$

$P_0$  – параметр, равный по величине давлению, соответствующему точке пересечения прямой с осью абсцисс в принятых ординатах.

Значения параметра  $P_0$  принимаются численно равными структурному сцеплению грунта  $\tau_{стр}$ , определяемому в полевых условиях сдвигомером-крыльчаткой.

Из анализа приведенных зависимостей видно, что они справедливы для определенного диапазона нагрузок включают параметр  $P_0$  или  $P_1$ , который определяет точку перегиба кривой. Хотя практически это не точка, а какой-то диапазон, приводящий к существенным отклонениям данных. Поэтому и была поставлена задача найти способ, устраняющий этот недостаток.

На рис. 1 показана экспериментальная компрессионная кривая для образца торфа, характер которой является типичным и справедливым для всех разновидностей биогенных грунтов. Резко выраженного перегиба (точка перегиба, соответствующей  $P_0$ ) на компрессионной кривой выделить практически невозможно. Перегиб компрессионной кривой на начальном участке в логарифмических координатах объясняется не увеличением интенсивности нарастания деформаций с ростом нагрузки, а характером изменения самой логарифмической функции. Для каждого опыта была построена компрессионная кривая в полулогарифмическом масштабе, проэкстраполированная до нагрузки  $P_0 = 0,01 \text{ кг/см}^2$ , при которой фактические деформации были ни-

чтожны, и эта нагрузка была принята за нулевую. Показатель сжимаемости (коэффициент полной компрессии), величина которого зависит от физико-механических свойств торфа, определялся по графикам, как тангенс угла наклона спрямляющих линий к логарифмической оси нагрузок. Определен начальный коэффициент пористости  $\varepsilon_0^\phi$ . В результате всех построений был получен массив точек с координатами  $\varepsilon_0^\phi$  и  $a_k$ .

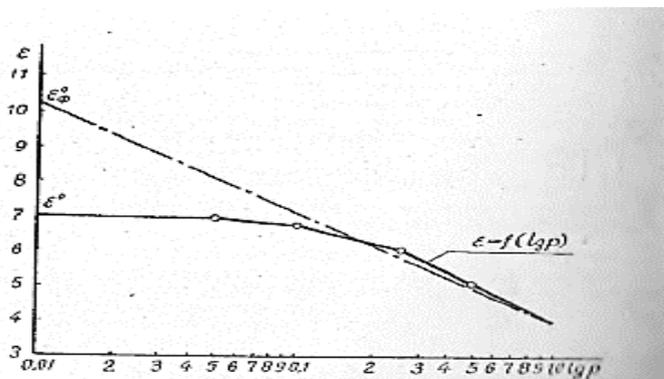


Рис. 1. Компрессионная кривая

В результате математической обработки экспериментальных данных получена зависимость  $a_k = f(\varepsilon_0^\phi)$ . Эта зависимость описывается следующим уравнением  $y = a + v \cdot x$ . Коэффициент корреляции составляет  $R = 0,982$ , а коэффициент полной компрессии  $a_k$  описывается уравнением:

$$a_k = \frac{\varepsilon_0^\phi - 3,661}{2,299}.$$

Был построен еще один массив точек с координатами  $\varepsilon_0$  и  $\varepsilon_0^\phi$  и в результате математической обработки была определена связь между ними, которая также описывается уравнением  $y = a + v \cdot x$ . Коэффициент корреляции равен  $R = 0,834$ , начальный коэффициент пористости  $\varepsilon_0^\phi$  описывается уравнением:  $\varepsilon_0^\phi = \varepsilon_0^{1,139} + 2,283$ .

Подставляя полученные данные в уравнение, предложенное П. А. Дроздом и В. Н. Зайцем, и сменив натуральный логарифм на десятичный, полученное уравнение имеет вид:

$$\varepsilon = \varepsilon_0^{1,139} + 2,299 - \frac{(\varepsilon_0^{1,139} - 1,378)}{2,299} \cdot \lg \frac{P}{0,01}$$

Используя это уравнение, в зависимости лишь от одного параметра  $\varepsilon_0$  можно построить компрессионную кривую для всего диапазона нагрузок, встречающихся в практике строительства, что существенно упрощает и удешевляет процесс изысканий под сооружения на биогенных грунтах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лундин, К. П. Осадка торфяного основания / К. П. Лундин // Достижения мелиоративной науки в БССР. – Минск: Изд-во АН БССР, 1958. – 194 с.
2. Печкуров, А. Ф. Уплотнение торфа под нагрузкой / А. Ф. Печкуров // Труды института БелНИИМиВХ. – Минск: Изд-во АН БССР, 1956. – Т. 7. – 370 с.
3. Дрозд, П. А. Расчет осадки насыпей на болотах / П. А. Дрозд, В. Н. Заяц // Гидротехника и мелиорация. – 1968. – № 3. – С. 59–64.
4. Рекомендации по инженерно-геологическим изысканиям болотных отложений под сооружения / сост.: П. К. Черник [и др.]. – Минск: БелНИИМиВХ, 1977. – 28 с.

УДК 528.48

### ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ РЕЛЬЕФА УЧАСТКА АГРОПОЧВЕННОГО МОНИТОРИНГА НА ТЕРРИТОРИИ ГОРЕЦКОГО РАЙОНА МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ

**П. В. Другаков**, канд. техн. наук, доцент

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** топографическая съемка, геоинформационные системы, рельеф, цифровая модель, координаты, топографический план, пикет, земная поверхность.

**Аннотация.** По результатам топографической съемки средствами ГИС получена цифровая модель рельефа выполнен ее анализ и сравнение с глобальной моделью рельефа SRTM.

**Keywords:** topographic survey, geoinformation systems, relief, digital model, coordinates, topographic plan, picket, earth's surface.

**Annotation.** Based on the results of topographic survey by GIS means, a digital relief model was obtained by its analysis and comparison with the global SRTM relief model.

**Введение.** При выполнении исследований связанных с изучением процессов почвообразования и эрозии почв необходима информация о рельефе местности, углах наклона, водосборных площадях и т.д. В современных условиях целесообразно углы наклона и водосборные площади определять на основе цифровой модели местности, которая включает и цифровую модель рельефа и цифровую модель ситуации. Применение цифровой модели и использование геоинформационных систем позволяет не только определить уклоны, но и выполнить более подробный морфометрический анализ [1].

**Материалы и методика исследований.** Для исследований в Горьком районе вблизи деревни Полящицы был выбран, участок луговых земель площадью более 20 га с ярко выраженным рельефом.

С учетом площади участка и его удаления от пунктов геодезической опоры съемку было решено выполнить спутниковыми методами координатных определений в соответствии с требованиями к топографическим планам масштаба 1:2000.

Полевые работы были выполнены в 2 этапа. На первом этапе была произведена передача координат на точку временного закрепления PUPLY1 вблизи объекта съемки. Для этого была создана сеть, которая включала 3 исходных пункта Поселок, Просвет и Кольцевая. Измерения выполнены в режиме «быстрой статики» двумя одночастотными приемниками Trimble R3 с измерением базовых линий по всем сторонам и диагоналям в полученном четырехугольнике. На втором этапе выполнялась непосредственная съемка местности в режиме «Stop&GO». Один из приемников Trimble R3 был установлен на пункте PUPLY1. Второй приемник после выполнения инициализации последовательно перемещался по местности с фиксацией измерений на пикетных точках сессиями по 15 с. Всего было снято 560 точек местности. Обработка результатов измерений и построение топографического плана выполнено в программном комплексе Credo. Полученная цифровая модель рельефа характеризуется высокой точностью. По результатам обработки измерений средняя квадратическая погрешность положения пикетных точек в плане и по высоте составляет 3–4 см.

В настоящее время по данным дистанционного зондирования Земли получено несколько глобальных цифровых моделей рельефа, среди которых SRTM. С сайта геологической службы США был получен растровый файл цифровой модели рельефа N54E031.hgt на интересующую территорию. Пространственное разрешение растра составля-

ет 1<sup>//</sup>, что на широте объекта съемки составляет 20×30 м. Средние погрешности высот в ЦМР SRTM согласно работе [2] составляют 6–9 м.

В ГИС, после выполнения преобразований координат, был импортирован слой рельефа, полученный в Credo Topoplan (файлы точек и горизонталей). На его основе по методу топогрид создана растровая модель рельефа с пространственным разрешением в 1 м. Также в ГИС были добавлен растровый слой высот SRTM.

С некоторой долей вероятности можно принять, что указанные в ячейках растра SRTM значения высот характеризуют значение высоты в точках местности, координаты которых соответствуют координатам центров ячеек. Таким образом, центры ячеек можно считать пикетами с шагом 20×30 м, что по плотности точек соответствует топографической съемке масштаба 1:2000. На этом основании из SRTM были извлечены в точечный слой значения высот ячеек, а затем на их основе была выполнена интерполяция по методу топогрид с пространственным разрешением 1 м.

В результате выполненных действий в ГИС имелось 3 модели рельефа. Полученная на основе полевых измерений была принята «истинной», а модель SRTM и полученная на основе ее переинтерполяции модель с пространственным разрешением 1 м был приняты как оцениваемые.

Обсуждение результатов. По указанным моделям были получены профили, часть из которых представлена на рис 1.

Красным цветом на профилях (рис. 1) отображена линия разреза модели полученной на основе полевых измерений. Зеленым цветом показана линия профиля по модели SRTM, а синим по переинтерполированной модели SRTM с разрешением 1 м.

Следует отметить, что на местности линии тальвегов не полностью совпадает с прямыми линиями АВ. По этой причине на рис. 1 соответствующая линия профиля имеют ступенчатость для разреза по «истинной» модели рельефа. Но наиболее отчетливо на профиле АВ заметна ступенчатость для исходной модели рельефа SRTM. Повторная интерполяция растра SRTM с более высоким пространственным разрешением позволяет несколько снизить ступенчатость линий профиля сделать их более плавными.

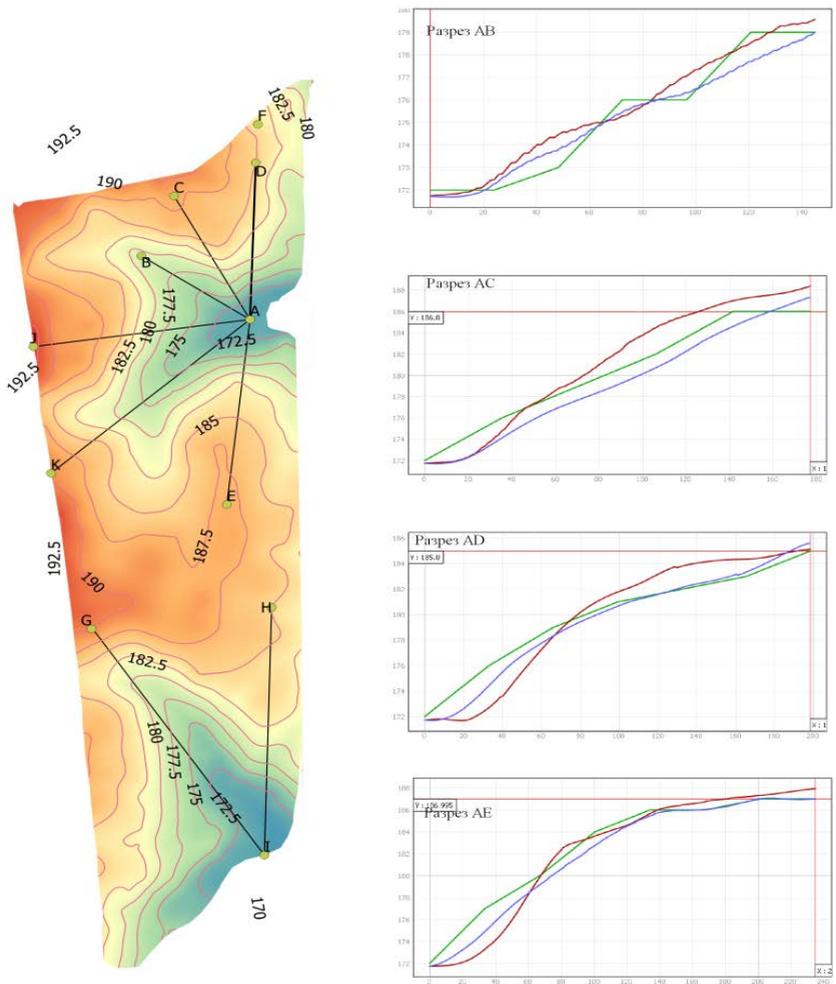


Рис. 1. Рельеф участка с линиями профилей

Модель SRTM после повторной интерполяции рельефа становится более правдоподобной, но при этом не повышается ее точность. Разность высот между повторно интерполированной SRTM и «истинной» как правило находится в диапазоне от  $-3$  до  $+3,5$  м. Наибольшее от-

клонение наблюдается в северо-восточной части участка (рис. 1), где примыкает участок леса с высотой деревьев до 25 м. Для лесных участков наблюдается систематическое искажение высот поверхности земли на величину, равную 0,3–0,7 высоты деревьев [2]. Данное обстоятельство привело к возникновению погрешности высот модели SRTM в районе точки F в диапазоне 4,5–5,5 м.

Так на данном участке намечено выполнять мониторинг процессов почвообразования на эрозионно-опасных землях, то требуется определить углы наклона земной поверхности. Здесь можно отметить следующее что при малых длинах линий до 50 м на склонах погрешность определения угла наклона даже по повторно интерполированной модели SRTM достигает 10°. На участках от 50 до 100 м не превышает 2°. На участках от 100 до 200 м менее 0,7°.

**Заключение.** Подводя итог, следует отметить, что на участках с крутыми склонами даже с учетом повторной интерполяции модель SRTM не обеспечивает достаточную точность определения величины наклона земной поверхности. По этой причине для выполнения исследований по мониторингу процессов почвообразования модель рельефа SRTM целесообразно использовать только на предварительном этапе для выбора самого объекта, на примере которого оно будет проводиться. Для непосредственных расчетов в моделях переноса вещества необходимо использовать цифровую модель местности, полученную по результатам наземной топографической съемки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дамшевич, А. Возможности использования цифровой модели рельефа для изучения влияния морфометрических показателей на влажность почв / А. Дамшевич // Земля Беларуси. – 2017. – № 1. – С. 42–45.
2. An Assessment of the SRTM Topographic Products. E. Rodríguez\*, C. S. Morris, J. E. Belz, E. C. Chapin, J. M. Martin, W. Daffer, S. Hensley [Электронный ресурс] // Jet Propulsion Laboratory. Режим доступа: [https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/SRTM\\_D31639.pdf](https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/SRTM_D31639.pdf).

## АНАЛИЗ ДИНАМИКИ МЕЛИОРИРУЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ТЕРРИТОРИИ МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ

**О. А. Куцаева**, ст. преподаватель

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** мелиорация, осушенные земли, орошаемые земли, земельные ресурсы.

**Аннотация.** В данной статье проанализированы динамика изменения структуры различных категорий мелиорированных земель в разрезе областей Республики Беларусь.

**Keywords:** reclamation, drained lands, irrigated land, land resources.

**Annotation.** This article analyzes the dynamics of the role of the structure of various categories of lemon balm land in the context of the regions of the Republic of Belarus.

**Введение.** Мелиорация земель является весьма существенным фактором интенсификации сельского хозяйства, направленным на коренное улучшение качества земель с целью обеспечения создания и поддержания оптимальных водного, воздушного, теплового и питательного режимов почв для сельскохозяйственных растений, лесов и иных насаждений, путем проведения комплекса мелиоративных мероприятий [1].

В зависимости от характера проведения мелиоративных мероприятий мелиорация земель подразделяется на следующие типы: гидротехническая мелиорация; агролесомелиорация; культуртехническая мелиорация; химическая мелиорация. К основным видам гидротехнической мелиорации относят: осушение, орошение, а также двустороннее регулирование водного режима почв [1].

Для изучения динамики мелиорированных земель целесообразно использовать статистические данные, представленные в реестре земельных ресурсов Республики Беларусь [2]. Этот документ отражает данные мониторинговых наблюдений за количеством мелиорируемых земель, которые являются составной частью мониторинга земель и осуществляются в соответствии с требованиями [3].

**Цель работы** – выполнить анализ динамики осушенных и орошаемых земель на территории Республики Беларусь за период с 1995 по 2020 годы.

**Материалы и методика исследований.** Для выполнения исследования использовались данные реестра земельных ресурсов Республики Беларусь (по состоянию на 01.01.2021 г.).

**Результаты исследований и их обсуждение.** Согласно данным реестра земельных ресурсов [2] на территории Республики Беларусь по состоянию на 1 января 2021 года общая площадь земель составляет 20725,6 тыс. га, из которых 30,3 тыс. га являются мелиорированными. В разрезе отдельных областей данные представлены на рисунке 1.

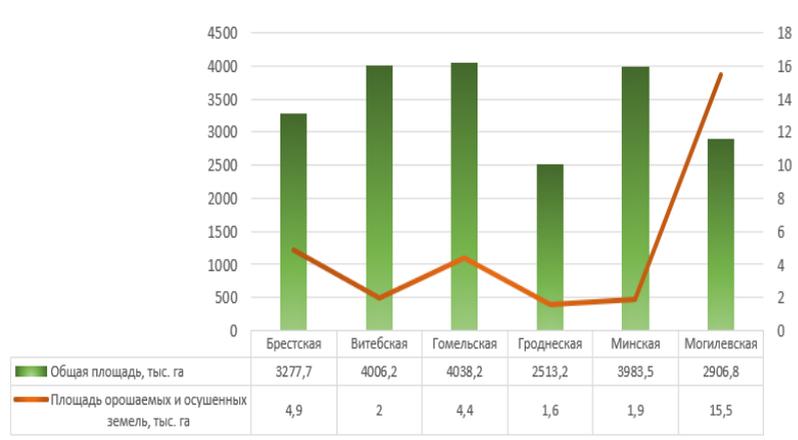


Рис. 1. График распределения площадей осушенных и орошаемых земель в разрезе областей Республики Беларусь

Максимальную общую площадь мелиорированных земель имеет Гомельская область – 4038,2 тыс. га, а минимальная площадь таких земель сосредоточена в Могилевской области (2906,8 тыс. га). При этом наибольшее количество мелиорированных земель зарегистрировано на территории Могилевской области – 15,5 тыс. га.

Однако мелиоративные мероприятия выполняются не за один год, а имеют долгосрочные показатели. В таблицах 1 и 2 представлена информация о динамике орошаемых и осушенных земель за 30-летний период.

Таблица 1. Динамика орошаемых сельскохозяйственных земель за период с 1990 по 2020 гг.

Наименование области	Площадь орошаемых сельскохозяйственных земель, тыс. га							±) 2020г к 1990 г.
	Годы мониторинговых наблюдений							
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	
Брестская	35,9	19,4	19,4	19,4	4,4	4,9	4,9	-31
Витебская	14,2	15,6	15,6	14,7	2,0	2,0	2,0	-12,2
Гомельская	37,5	30,0	30,0	30,0	5,1	4,3	4,4	-33,1
Гродненская	15,9	10,3	10,3	10,3	1,6	1,6	1,6	-14,3
Минская	28,6	23,8	24,1	24,1	2,0	1,9	1,9	-26,7
Могилевская	16,8	15,6	15,6	15,6	15,5	15,5	15,5	-1,3
Итого...	148,9	114,7	115	114,1	30,6	30,2	30,3	-118,6

В период с 1990 года по 2020 год общая площадь орошаемых земель в стране снизилась на 118,6 тыс. га. Максимальное снижение зафиксировано для Гомельской области, где площадь орошаемых земель за рассматриваемый период снизилась на 33,1 тыс. га.

Таблица 2. Динамика осушенных сельскохозяйственных земель за период с 1990 по 2020 гг.

Наименование области	Площадь осушенных сельскохозяйственных земель, тыс. га							±) 2020г к 1990 г.
	Годы мониторинговых наблюдений							
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	
Брестская	640,7	681,8	687,7	685,5	700,1	700,1	687,9	47,2
Витебская	464,9	521	525,8	521,8	520,5	517,1	503,5	38,6
Гомельская	504,7	525,3	529,4	517,3	523,1	497,7	502,3	-2,4
Гродненская	276,7	291,6	292,8	291,1	295,5	298,1	293,9	17,2
Минская	572,5	594,1	596,3	592,9	600,5	598,9	596	23,5
Могилевская	280,4	293,2	293,5	286,5	282,6	266	262,5	-17,9
Итого...	4729,9	4902	4925,5	4900,1	4932,3	4892,9	4866,1	106,2

В целом по стране количество осушенных земель по сравнению с 1990 годом увеличилось на 106,2 тыс. га, а максимальное увеличение установлено для Брестской области, где площадь таких земель увеличилась на 47,2 тыс. га.

Заключение. Площадь орошаемых сельскохозяйственных земель на территории Беларуси за период 1990–2020 гг. снизилась на 118,6 тыс. га, а площадь осушенных сельскохозяйственных земель – увеличилась

на 106,2 тыс. га., однако на территории Могилевской и Гомельской областей этот показатель имеет отрицательную тенденцию. Наибольшую площадь мелиорированных земель по состоянию на 1 января 2021 года, которая составляет 15,5 тыс. га, имеет Могилевская область.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. О мелиорации земель. Закон Республик Беларусь от 23 июля 2008 г. № 423-3 / Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pravo.by>. – Дата доступа: 12.01.2021.
2. Реестр земельный ресурсов Республики Беларусь / Государственный комитет по имуществу Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [//">http://http://gki.gov.by/ru/activity\\_branches-land-reestr //](http://http://gki.gov.by/ru/activity_branches-land-reestr). – Дата доступа: 12.01.2021.
3. Об утверждении инструкции об организации работ по проведению мониторинга земель. – [Электронный ресурс]: постановление Государственного комитета по имуществу Республики Беларусь № 68 от 22 декабря 2009 г. – Режим доступа: <http://pravo.levonevsky.org>. – Дата доступа: 12.01.2021.

УДК 626.8:666.97.033.

### **ОСНОВНЫЕ ДЕФЕКТЫ ТРУБ-ПЕРЕЕЗДОВ, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ, НА ТЕРРИТОРИИ МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Ю. В. Кузнецов**, д-р с.-х. наук, профессор  
**Н. В. Кузнецова**, д-р с.-х. наук, профессор  
ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет»,  
г. Волгоград, Россия

**Д. С. Дубяго**, ст. преподаватель  
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** дефекты, трубы-переезды.

**Аннотация.** Значительное количество дефектов железобетонных конструкций расположено в зоне переменного уровня воды. Вышеуказанное расположение дефектов указывает на необходимость улучшения качества производства бетонных работ именно в этой зоне.

**Keywords:** defects, pipes-overfits.

**Annotation.** A significant number of defects in reinforced concrete structures are located in the area of alternating water level. The above ar-

rangement of defects indicates the need to improve the quality of production of concrete work in this area.

Назначение труб-переездов – пропуск воды через тело земляного полотна автомобильной дороги. Были проведены обследования ряд труб-переездов на внутрихозяйственных автомобильных дорогах Горецкого района Могилевской области в 2015–2021 годах.

В настоящее время бетон различных классов и составов – основной строительный материал для строительства железобетонных конструктивных элементов дорожных сооружений. В настоящее время начали применяться изготовленные из полимеров водопропускные трубы для нужд дорожного строительства. Диаметр выпускаемых труб колеблется в очень широком диапазоне. Однако, все обследованные переездные сооружения на территории Горецкого и Мстиславского районов, в том числе и водопропускные трубы, были изготовлены из железобетона.

При обследовании в пропускных отверстиях отдельных труб-переездов имелась вода. Уровень воды – колебался в значительном диапазоне вплоть до полного затопления водопропускного отверстия. Диаметр водопропускных отверстий колебался от 0,6 м до 1,0 м, их количество было преимущественно 1.

Результаты обследования бетонных и железобетонных элементов сооружений выявили значительные разрушения в зоне переменного уровня воды в сравнении с подводной и надводной зонами. Необходимо отметить, что сооружения полностью утратившими свои водопропускные способности – не выявлены. Были выявлены основные виды и возможные причины возникновения дефектов в бетонных и железобетонных конструкциях труб-переездов:

1. Шелушение структуры бетона – отслоение затвердевшего цементного раствора с последующим выкраиванием крупного заполнителя. Возможные причины: замерзание и оттаивание воды, применение некачественных бетонных смесей, нарушение технологии приготовления и укладки бетонной смеси, отсутствие надлежащего ухода за свежеложенным бетоном, излишнее вибрирование уложенной бетонной смеси или расслоение бетона под действием других факторов.

2. Выбоины на поверхности бетона. Возможные причины: дальнейшее разрушение бетона с отслоившимся или выкрошившимся верхним слоем под воздействием указанных ранее факторов.

3. Раковины на бетонной поверхности. Возможные причины: слабое сцепление крупного заполнителя с цементным камнем из-за неверно принятой морозостойкости уложенного бетона, выкрошивание

некачественного крупного заполнителя или заполнителя, покрытого чем-то посторонним (например – глиной), наличие в бетоне посторонних примесей и материалов (например – кусков глины, суглинка и др.).

4. Разрушение кромок и граней блоков входных и выходных оголовком, плоских железобетонных плит облицовки на входных или выходных участках труб-переездов. Возможные причины: недостаточная прочность верхней части краев плит облицовки возле деформационных швов, и недостаточная ширина деформационных швов.

5. Трещины в железобетонных трубах и плитах облицовок. Возможные причины: появление в железобетоне напряжений, превышающих предел его прочности из-за: деформации оснований земляного полотна или прилегающих участков, воздействия внешних непредусмотренных проектом нагрузок, вызывающих растягивающие напряжения в конструктивных железобетонных элементах.

6. Отколы углов и краев железобетонных плит облицовок. Возможные причины: результат дальнейшего развития трещин под действием внешних нагрузок; недостаточное уплотнение бетонной смеси в углах и краях конструкций; давление друг на друга элементов вследствие деформации расширения, соударения сборных элементов при монтаже сооружений или облицовок.

Установлено, что значительное количество дефектов железобетонных конструкций расположено именно в зоне переменного уровня воды. Вышеуказанное расположение дефектов указывает на необходимость улучшения качества производства бетонных работ именно в этой зоне.

Значительная часть объемов работ (при ремонте отдельных сооружений – более половины) будут составлять непосредственно бетонные работы или работы, связанные с производством бетонных работ. Это будет определять специфику производства работ по ремонту труб-переездов на автомобильных дорогах.

Главная особенность производства ремонтно-восстановительных работ труб-переездов – удаленность от базы организации рассредоточенного по большой территории относительно небольшого объема бетонных работ с использованием гидротехнического бетона и растворов на основе портландцемента.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бужевиц, Г. А. Влияние условий твердения на прочность бетона / Г. А. Бужевиц. – М.: Стройиздат, 1984. – 147 с.
2. Стаценко, А. С. Технология бетонных работ / А. С. Стаценко. – Минск: Выш. шк., 2015. – 260 с.

## МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕРРИТОРИИ ГОРЕЦКОГО РАЙОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА

**А. А. Титюркина**, ассистент

**А. В. Кожеко**, ассистент

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** морфометрический анализ, SRTM, ГИС, рельеф, эрозия, моделирование.

**Аннотация.** Морфометрический анализ обеспечивает объективную и комплексную оценку рельефа любой территории и играет важную роль при прогнозировании и функциональном зонировании территории. В статье рассматривается определение основных морфометрических показателей рельефа и выполнение комплексного морфометрического анализа на примере территории Горецкого района Могилевской области.

**Keywords:** morphometric analysis, SRTM, GIS, relief, erosion, modeling.

**Annotation.** Morphometric analysis provides a volume and comprehensive assessment of the relief of any territory and plays an important role in forecasting and functional zoning of the territory. The article discusses the determination of the main morpho-metric indicators of the relief and the implementation of complex morofometric analysis on the example of the territory of the Goretsky district of the Mogilev region.

Для повышения эффективности использования земельных ресурсов и выполнения землеустроительных и мелиоративных работ целесообразно применять функциональные возможности современных геоинформационных систем. В частности, используя информацию о результатах дистанционного зондирования Земли, находящуюся в свободном доступе в открытых источниках, и выполнив ее преобразование в ГИС-среде, можно получить объективные и актуальные данные о состоянии той или иной территории, не прибегая к выполнению дорогостоящих наземных изысканий [1]. К такой информации относятся в частности цифровые модели рельефа, полученные по данным радарной топографической съемки.

Одними из важнейших характеристик, которые ограничивают ведение сельского хозяйства являются вертикальное и горизонтальное

расчленение рельефа территории. Для выполнения автоматизированного расчета глубины, густоты и общего показателя расчленения рельефа Горещкого района в среде ГИС ArcGIS 10.5 были разработаны геоинформационные модели, объединенные в набор инструментов «Морфометрия рельефа». Исходными слоями в каждой модели выступали SRTM, а также векторный полигональный слой, представляющий собой сеть квадратов размером 1×1 км, покрывающий всю территорию исследований (всего более 375 тыс. квадратов).

Показателем вертикального расчленения рельефа служит амплитуда колебания высот земной поверхности, то есть относительное превышение вершин положительных форм рельефа над ближайшими отрицательными формами. Установлено, что вертикальная глубина расчленения территории Горещкого района колеблется в пределах от 6 до 32 м/км<sup>2</sup>, а максимальной расчлененностью характеризуются южная, северная и северо-восточная части района, которые расположены в пределах Могилевско-Оршанской возвышенности.

Таблица 1. Распределение территории Горещкого района по показателю вертикального расчленения рельефа

Глубина расчленения, м/км <sup>2</sup>	Площадь территории, км <sup>2</sup>	% от общей площади района
0–6,0	50,8	0,04
6,0–10,3	9696,3	7,5
10,3–13,3	11928,0	9,3
13,3–15,5	13154,8	10,2
15,5–17,1	15714,6	12,2
17,1–19,2	19025,3	14,8
19,2–22,3	21365,6	16,6
22,3–26,5	23068,3	18,0
26,5–32,6	12436,3	9,7
32,6–41,0	1991,5	1,6

Показателями интенсивности горизонтального расчленения рельефа могут служить: длина тальвегов эрозионных форм на единицу площади, км/км<sup>2</sup>; удаленность вершин водоразделов от ближайших местных базисов денудации (длина склонов, м).

Установлено, что 43,6 % Горещкого района занимают территории с горизонтальным расчленением рельефа до 2,5 км/км<sup>2</sup>; 28,6 % – территории с горизонтальным расчленением рельефа от 2,8 км/км<sup>2</sup> до 3,3 км/км<sup>2</sup>. Более 8 процентов территории района имеет степень горизонтального расчленения рельефа свыше 3,4 км/км<sup>2</sup> и по этому показателю может быть отнесена к территории с деградированными землями. Горизонтальное расчленение рельефа в диапазоне от 2,5 до 2,7 км/км<sup>2</sup> имеет 19,5 % территории (табл. 2).

Таблица 2. Распределение территории Горещкого района по показателю горизонтального расчленения рельефа

Густота расчленения, км/км <sup>2</sup>	Площадь территории, км <sup>2</sup>	% от общей площади района
1,0–1,7	328,4	0,3
1,8–2,1	14180,7	11,0
2,2–2,3	28056,0	21,8
2,4–2,5	13449,9	10,5
2,5–2,6	7550,6	5,9
2,6–2,7	6704,2	5,2
2,7–2,8	10841,2	8,4
2,8–2,9	17902,7	13,9
3,0–3,3	18930,0	14,7
3,4–4,0	10487,6	8,2

Расчет общего показателя величины расчленения рельефа выполнялся по геоинформационной модели, содержащей в себе инструменты зональной статистики модуля Spatial Analyst ГИС ArcGIS 10.5 (рис. 1).

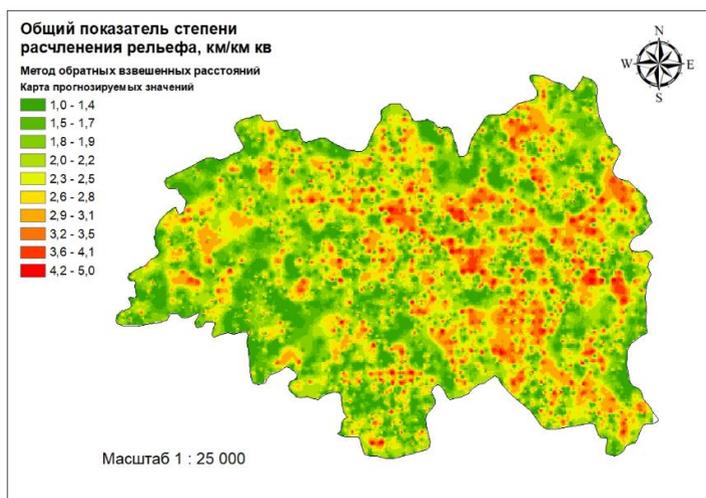


Рис. 1. Величина показателя общего расчленения рельефа территории Горещкого района

Установлено, что 22,7 % территории Горещкого района имеют степень расчленения рельефа на уровне 1,0–1,7 км/км<sup>2</sup>, 69,6 % – на уровне 1,8–3,1 км/км<sup>2</sup>. Степень расчленения территории на уровне 3,2–3,5 и 3,6–4,2 км/км<sup>2</sup> имеют соответственно 4,7 и 2,9 % территории района. Крутизна склона является углом между горизонтальной и тангенциальной плоскостями в определяемой точке земной поверхности. Кру-

тизна склона была рассчитана с использованием функциональных возможности набора инструментов «Пространственный анализ» и опции «Уклон».

Было установлено, что наименее пересеченной является западная часть территории Горецкого района, тогда остальная территория района характеризуется наличием склонов крутизной от 3–6 до 15 и более градусов. Вычисление площадей склонов различной крутизны в пределах территории Горецкого района позволило определить площадь эрозионно-опасных земель с крутизной склона выше 30, которая составила 562,57 км<sup>2</sup>, или 43,78 % от общей площади территории.

Следует отметить, что поскольку общая площадь эродированных земель в пределах Горецкого района превышает 20 %, его территорию можно отнести к сильноэродированной. Главной причиной возникновения эрозии является почвенно-антропогенный фактор, чему способствует характер преобладающих почвообразующих пород. В пределах пахотных земель почвы, сформированные на лессовых и лессовидных породах, занимают более 50 %, а высокое потенциальное плодородие этих почв обусловило их интенсивное сельскохозяйственное освоение, что играет ведущую роль при формировании водно-эрозионных процессов. Кроме того, лессовидные почвообразующие породы имеют низкую противозерозионную устойчивость (в 1,4–1,7 раза меньше, чем у моренных суглинков).

Знание условий рельефа местности позволяет наиболее правильно подойти к выделению водоохраных и санитарно-защитных зон с учетом конкретных условий территории, а также произвести определение зон с особым режимом природопользования. Полученные в результате выполнения комплексного морфометрического анализа цифровой модели рельефа данные могут быть применены при прогнозировании использования земель и функциональном зонировании территории Горецкого района.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кесель, Э. А. Морфометрический анализ цифровой модели рельефа Смоленского района Минской области для целей землеустройства / Э. А. Кесель, Е. С. Губаревич, А. В. Мороз // Сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов, студентов. – Кинель, 2018. – С. 111–114.
2. Позаченюк, Е. А. ГИС-анализ морфометрических показателей рельефа центрального предгорья главной гряды Крымских гор для целей ландшафтного планирования / Е. А. Позаченюк, Е. А. Петлюкова // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. – 2016. – Т. 2 (68). – № 2. – С. 96–113.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Лихацевич А. П., Романов И. А.</b> Расчет водопотребления многолетних трав .....	3
<b>Цубленок А. В.</b> Использование программного обеспечения для определения площади листьев люцерны изменчивой .....	9
<b>Алехина Ю. В.</b> Эффективность подсева клевера лугового в дернину различных предшественников .....	13
<b>Кузнецова Н. В., Кузнецов Ю. В., Чечко Р. А.</b> Гидравлические исследования взаимодействия потока воды и подача заданных расходов на открытых оросительных каналах .....	17
<b>Шабрина Е. В.</b> Технология составления плана вертикальной планировки в программном модуле Geonics при строительстве площадки для стоянки грузовых автомобилей в д. Чимимрин .....	22
<b>Дуброва Ю. Н., Чернова К. С., Павлович Ю. В.</b> Оценка состояния мелиоративных систем на основании данных дистанционного зондирования .....	26
<b>Другомилова О. В., Другомилов Р. А.</b> Конкурентная среда в сфере оказания услуг по технической эксплуатации жилых зданий в Беларуси .....	29
<b>Шуляков Л. В., Хруцкая Н. П., Жаренков П. В.</b> Инновационные образовательные технологии при подготовке специалистов АПК .....	32
<b>Васильева Н. В.</b> Фазовый состав и зависимость, характеризующая компрессионные свойства биогенных грунтов .....	37
<b>Дрозд Д. А.</b> Энергетическая эффективность дождевания ярового ячменя дождевальными установками Lindsay-Europe Omega .....	44
<b>Лукашевич В. М., Леганьков Д. А., Тиванов А. Н.</b> Современные оросительные машины и установки .....	47
<b>Лукашевич В. М., Ракицкий О. Б., Константинов А. А.</b> Водопотребление сельскохозяйственных культур при незначительных дождевых осадках .....	51
<b>Дуброва Ю. Н.</b> Перспективы оценки состояния гидромелиоративных систем на основании данных дистанционного зондирования .....	55
<b>Боровиков А. А.</b> Электронный учебно-методический комплекс в контексте концепции информатизации системы образования .....	62
<b>Кукреш А. С.</b> Влияние инокуляции семян трав и применения минеральных удобрений на микробиологическую активность почвы и продуктивность многолетних бобово-злаковых трав .....	66
<b>Ткачева Т. Н.</b> Источники загрязнения агроландшафтов Республики Беларусь .....	71
<b>Шуляков Л. В., Хруцкая Н. П., Жаренков П. В.</b> Регулирование водного и питательного режимов почвы при возделывании картофеля .....	77
<b>Вольницева В. А.</b> Становление галегы восточной как кормопроизводческой культуры в Республике Беларусь .....	82
<b>Алехина Ю. В., Дрозд Д. А.</b> Экономическая эффективность орошения ярового ячменя .....	85
<b>Ткачева Т. Н.</b> Мониторинг экологического состояния подземных источников в Республике Беларусь .....	88
<b>Кузнецов Ю. В., Кузнецова Н. В., Дубяго Д. С.</b> Особенности производства ремонта бетонных конструкций в дорожном строительстве .....	94
<b>Мельникова Л. И.</b> Устойчивость поплавкового затвора .....	97
<b>Мельникова Л. И.</b> Устойчивость поплавкового затвора .....	101
<b>Мельникова Л. И.</b> Устойчивость поплавкового затвора с вентиляционной трубой .....	104

<b>Ткачева Т. Н.</b> Животноводческие комплексы и их влияние на биогеоценоз .....	109
<b>Астахова О. М., Подобед М. П.</b> Роль и значимость лабораторного практикума для развития профессиональных способностей студентов.....	112
<b>Васильева Н. В.</b> Компрессионная зависимость органической составляющей биогенных грунтов .....	117
<b>Кузнецова Н. В., Мелихов К. М., Козинская О. В., Денисова М. А.</b> Гидравлические исследования взаимодействия потока воды и подача заданных расходов на открытых оросительных каналах .....	122
<b>Шабрина Е. В.</b> Определение баланса земляных работ при строительстве площадки для стоянки грузовых автомобилей в программном модуле Geonics .....	128
<b>Кукреш А. С., Дуброва Ю. Н.</b> Эффективность возделывания сенокосных многокомпонентных травосмесей при применении минеральных удобрений и бактериальных препаратов .....	132
<b>Романов И. А.</b> Оценка изменчивости биотермических коэффициентов многолетних трав при орошении.....	136
<b>Васильева Н. В.</b> Анализ эмпирических зависимостей компрессионной кривой для биогенных грунтов.....	139
<b>Другаков П. В.</b> Цифровая модель рельефа участка агропочвенного мониторинга на территории Горьковского района Могилевской области .....	144
<b>Куцаева О. А.</b> Анализ динамики мелиорируемых земель на территории Могилевской области .....	149
<b>Кузнецов Ю. В., Кузнецова Н. В., Дубяго Д. С.</b> Основные дефекты труб-переездов, расположенных на автомобильных дорогах, на территории Могилевской области .....	152
<b>Титюркина А. А., Кожеко А. В.</b> Морфометрический анализ территории Горьковского района с использованием цифровой модели рельефа.....	155

Научное издание

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА  
И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

Сборник трудов  
Международной научно-практической конференции

Горки, 27–28 января 2022 г.

Редактор *Е. П. Савиц*  
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*  
Компьютерная верстка *А. С. Кукреша*

Подписано в печать 29.09.2022. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.  
Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 9,30. Уч.-изд. л. 8,63.  
Тираж 20 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».  
Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.  
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».  
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.