

# • Кормопроизводство •

УДК 631.559:633.1/3

## ПРОГНОЗ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЛЯХ

**В. Н. Филиппов**, кандидат сельскохозяйственных наук

**Р. Т. Пастушок**, кандидат сельскохозяйственных наук

**А. В. Тарашкевич**, младший научный сотрудник

**А. А. Рыбченко**, научный сотрудник

РУП «Институт мелиорации», г. Минск, Беларусь

### Аннотация

При прогнозе урожайности сельхозкультур необходимо учитывать комплекс почвенно-гидрологических условий отдельных участков и обеспеченность сельхозпроизводителей средствами химизации. Информационно-справочная система поддержки принятия решений для пахотных и луговых агрофитоценозов на основании баланса питательных веществ в системе «почва – растение» позволяет рассчитать ожидаемую урожайность сельскохозяйственных культур (озимых ржи, пшеницы, тритикале и яровых культур – ячменя, пшеницы, тритикале, люцерны, сенокоса) на мелиорированных землях с учетом возможных потерь при нарушении водного режима с точностью до 1,5–14,8 %.

**Ключевые слова:** прогноз урожайности, мелиорированные земли, озимая рожь, пшеница, тритикале, люцерна, сенокос, информационно-справочная система.

### Abstract

**V. N. Filippov, R. T. Pastushok, A. V. Tarashkevich, A. A. Rybchenko**

### CROP YIELD PREDICTION ON RECLAIMED LANDS

When forecasting crop yields, it is necessary to take into account the complex of soil and hydrological conditions of individual areas and the provision of agricultural producers with chemicals. Information and reference decision support system for arable and meadow agrophytocenoses on reclaimed mineral and peat lands allows, based on the balance of nutrients in the “soil-plant” system, to calculate the expected yield of agricultural crops (winter rye, wheat, triticale and spring crops – barley, wheat, triticale, alfalfa, hay) on reclaimed lands, taking into account possible losses due to violation of the water regime with an accuracy of 1.5–14.8 %.

**Keywords:** yield forecast, reclaimed soils, winter rye, wheat, triticale, alfalfa, haymaking, information and reference system.

### Введение

Для обеспечения продовольственной безопасности Республики Беларусь необходимо не только наращивать валовые сборы растениеводческой продукции, но и обеспечивать их стабильно устойчивые уровни по годам. Третья часть сельскохозяйственных угодий располагается на мелиорированных землях (около 2,9 млн га). Для полной реализации их потенциала необходимо более рационально использовать участки с неоднородным рельефом и с пестротой почвенного плодородия, которые характеризуются значительными различиями в содержании макро- и

микроэлементов. В зависимости от погодных условий урожайность сельскохозяйственных культур на таких участках может снижаться на 25–50 %.

В настоящее время часть торфяных почв трансформировалась в новые разновидности, которые изменили свои водно-физические свойства, в них снизилось содержание доступных форм микро- и макроэлементов. В свою очередь дефицит элементов питания лимитирует формирование урожая сельхозкультур, что усугубляется экстремальными погодными условиями.

Установлено, что на почвах с низким естественным плодородием при достаточной влагообеспеченности внесение удобрений дает 40 % прироста урожая, а долевое участие других факторов в его формировании составляет: климат – 20 %, севооборот – 12, сорт – 15, средства защиты растений – 10, другие – 3 %. Кроме того, интенсивное земледелие, обеспечивая высокую урожайность культур, способствует увеличению выноса питательных веществ из почвы и минерализации гумуса. Урожай культуры – это слагаемое потенциального плодородия и прибавки урожайности от NPK, поэтому регулирование этого процесса

### Материалы и метод исследований

Предмет исследования – полевые опыты, проведенные в 2021–2023 гг. на территории филиала РУП «Институт мелиорации» – Витебской опытной мелиоративной станции (Сенненский р-н Витебской обл.).

Почва участка с сенокосными травостоями дерновая рыхлосупесчаная глееватая, подстилаемая рыхлым моренным песком с глубины 0,8 м. Посевы люцерны располагались на склоне со следующими почвенными разновидностями: дерново-подзолистая слабосмытая супесчаная, подстилаемая с глубины 0,5 м легким моренным суглинком; осушенная дерново-подзолистая глееватая, легкосуглинистая, подстилаемая около 0,5 м средним моренным суглинком; дерново-подзолистая глеевая связносупесчаная, подстилаемая средним моренным суглинком.

За основу ИСС принят балансовый метод, основанный на учете использования растениями питательных веществ из почвы и удобрений [3]. Для создания алгоритма расчета использовали известную формулу

$$D_{уд} = \frac{Y \times B_{ур} - P_c \times K_n \times K_m}{K_{уд}},$$

где  $D_{уд}$  – доза удобрения, кг/га;  $Y$  – урожайность культуры, ц/га;  $B_{ур}$  – вынос элемента питания (кг) с урожаем (ц);  $P_c$  – содержание элемента питания в почве, мг/кг;  $K_n$  – коэффициент использования элемента питания почвы;  $K_m$  – коэффициент перевода содер-

возможно только при достаточном внесении удобрений, которые являются основным инструментом поддержания питательного режима почвы [1, 2]. При расчете доз удобрений под планируемую урожайность культур необходимо учитывать ряд почвенных и гидрологических факторов для каждого отдельного поля. Создание компьютерной информационно-справочной системы (ИСС), которая могла бы оперативно решать эту комплексную задачу и повысить производительность труда, особенно актуально для мелиорированных участков.

жания элемента питания из мг/кг в кг/га (для слоя 0–22 см равен 3 кг/га; для 0–25 см – 3,4; 0–28 см – 3,8; 0–30 см – 4,1; 0–32 см – 4,4; 0–35 см – 4,8 и 0–40 см – 5,5 кг/га);  $K_{уд}$  – коэффициент использования удобрения [4, 5].

Расчет урожайности проводили по формуле

$$Y = \frac{D_{уд} \times K_{уд} \times P_c \times K_n \times K_m}{B_{уд}} \times K_{сост.земель} \times K_{подтопл.} \times K_{завалун.}$$

где  $Y$  – урожайность культуры, ц/га;  $K_{сост.земель}$  – потери от эрозии на склоновых землях;  $K_{подтопл.}$  – потери от нарушения водного режима;  $K_{завалун.}$  – потери от завалуненности.

ИСС позволяет вносить в расчет урожайности культур поправки на пересеченный рельеф, характерный для Поозерья: смытость (дефлированность) почв и завалуненность. Поправочные коэффициенты на эродированность и завалуненность почв приведены в табл. 1 и 2 (согласно ТКП 45-3.04-203-2010 (02250)\*.

Нарушения водного режима участка во время подтопления или затопления в различные периоды вегетации могут привести к потерям урожайности культур. Поэтому с помощью ИСС их можно рассчитать, введя продолжительность подтопления (затопления) участка в сутках. На рис. 1 представлен скриншот элемента 4 интерфейса ИСС.

\*Осушительно-увлажнительные мелиоративные системы: правила проектирования: ТКП 45-3.04-203-2010 (02250). Введ. 01.01.2011. Минск, 2011. 90 с.

Таблица 1. Поправочные коэффициенты на эродированность почвы [6]

| Смытость (дефлированность) | Зерновые    | Многолетние травы |
|----------------------------|-------------|-------------------|
| Нет                        | 1,0         | 1,0               |
| Слабая                     | 0,88 (0,93) | 0,95 (0,98)       |
| Средняя                    | 0,72 (0,90) | 0,82 (0,93)       |
| Сильная                    | 0,60 (0,85) | 0,7 (0,88)        |
| Намытые почвы              | 0,96        | 0,98              |

Таблица 2. Поправочные коэффициенты на завалуненность [6]

| Степень завалуненности | Объем камней, м³/га | Зерновые | Многолетние травы |
|------------------------|---------------------|----------|-------------------|
| Нет                    | < 5                 | 1,00     | 1,00              |
| Слабая                 | 6–10                | 1,00     | 1,00              |
|                        | 11–15               | 0,98     | 0,99              |
| Средняя                | 16–25               | 0,96     | 0,94              |
|                        | 26–35               | 0,92     | 0,88              |
| Сильная                | 36–50               | 0,85     | 0,83              |
|                        | 51–70               | 0,82     | 0,80              |
| Очень сильная          | 71–98               | 0,80     | 0,78              |
|                        | > 98                | 0,78     | 0,77              |

**4. Потери урожайности от подтоплений (по ТКП 45-3.04-203-2010)**

Весеннее затопление (половодье):

Длительность затопления (для озимых), сут:

Запаздывание сроков сева (для яровых), сут:

**Потери урожайности: 5.82 ц/га**

Летние затопления (ливневые паводки):

Длительность летнего затопления, сут:

**Потери урожайности: 2.57 ц/га**

Подтопления:

Длительность летних подтоплений, сут:

**Потери урожайности: 5.82 ц/га**

Длительность осенних подтоплений, сут:

**Потери урожайности: 0.0 ц/га**

Рассчитанная урожайность: 27.62 ц/га:

**Ожидаемая урожайность: 27.62 ц/га**

делываемая культура  Вносимая доза N, кг д.в./га  Вносимая доза P2O5, кг д.в./г

Рис. 1. Часть диалогового окна «Потери урожайности от подтоплений и затоплений»

При необходимости ИСС учитывает потери урожайности сельскохозяйственных культур, которая обусловлена влиянием таких неблагоприятных факторов, как неудовлетворительное качество управления уровнем грунтовых вод во время весеннего, осеннего подтопления или летнего затопления и, в итоге, поздние сроки сева яровой культуры вследствие весеннего затопления.

В качестве входящих данных брали показатели, которые применяют для расчета баланса элементов питания в системе «почва – растение». Для увеличения выборки данных и, следовательно, повышения точности рас-

четных урожайностей культур использовались данные отраслевых регламентов: дозы удобрений ( $D_{уд}$ ), содержание элементов питания в почве –  $P_c$  [7, 8], а также коэффициенты использования элементов питания из удобрений ( $K_{уд}$ ) и почвы ( $K_p$ ) и их удельный вынос ( $B_{ур}$ ) с основной и побочной продукцией сельскохозяйственных культур (согласно ТКП 45-3.04-203-2010 (02250).

Ущерб от нарушения водного режима определялся согласно методике расчета потерь урожайности от некачественного управления уровнями грунтовых вод на мелиоративных системах [9, с. 74–75].

### Результаты исследований и их обсуждение

Установлено, что внесение минеральных микро- и макроудобрений по-разному влияло на урожайность сухого вещества люцерны изменчивой на разных элементах склона (рис. 2). Так, в верхней части склона урожайность при внесении  $P_{60}K_{120}$  составила 76,1 ц/га (прибавка 15,8 %), а от  $P_{60}K_{180}$  она уменьшалась.

Подсев бобовых трав в старовозрастную дернину сенокоса увеличивал долю бобовых компонентов в урожае фитоценоза. Через год после

проведения этого агроприема урожайность сенокосных травостоев составила 65,9–87,4 ц/га при уровне грунтовых вод (УГВ), равном 57 см, и 58,8–101,9 ц/га при УГВ 86 см (рис. 3). Отметим, что при последнем значении УГВ подсев люцерны изменчивой с клевером ползучим и гибридным обеспечил максимальную урожайность: 101,9 ц/га сухой массы при внесении  $P_{45}K_{90}N_{60}$  (прибавка 32,7 %), а на фоне  $P_{45}K_{90}$  при УГВ, равном 57 см, она составила 82,5 ц/га (прибавка 31,6 %).



Рис. 2. Урожайность люцерны изменчивой при внесении удобрений, ц/га сухой массы

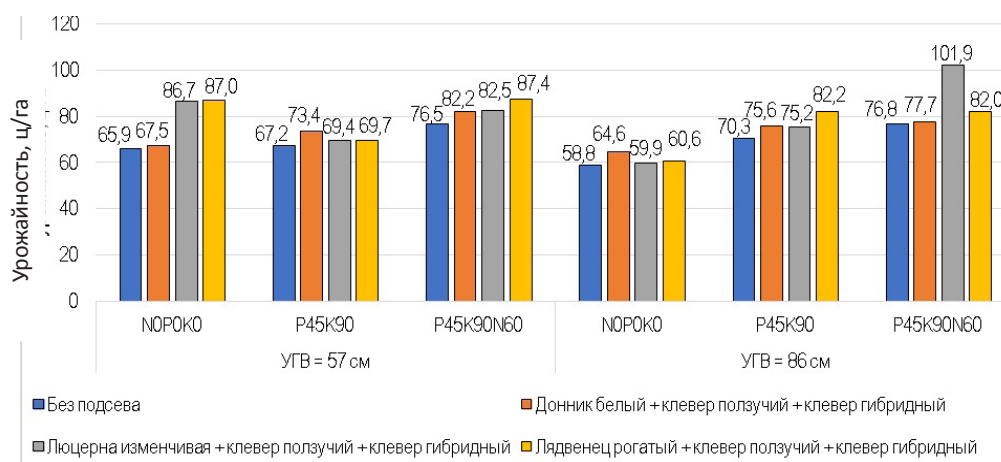


Рис. 3. Урожайность травостоев после подсева бобовых видов на минеральной почве, ц/га сухой массы



ИСС поддержки принятия решений для конструирования пахотных и луговых агрофитоценозов на мелиорированных землях предназначена для расчета прогнозируемой урожайности сельскохозяйственных культур. С ее помощью можно, помимо прочего, рассчитать урожайность следующих сельскохозяйственных культур: озимой ржи, озимой и яровой пшеницы, озимой и яровой тритикале, ячменя, озимых зерновых и яровых зерновых на торфяных почвах, а также прогнозировать урожайность долголетних сенокосов после их ремонта подсевом трав.

Скриншот диалогового окна ИСС содержит следующие элементы интерфейса: характеристика почв участка; внесение удобрений; поправки на состояние земель (рис. 4) и потери урожайности от подтоплений (согласно ТКП 45-3.04-203-2010).

Форма диалогового окна «1. Характеристика почв участка» предназначена для введения данных содержания подвижных форм

$P_2O_5$  и  $K_2O$  в почве из агрохимических картограмм для минеральных или торфяных почв конкретного участка.

Следует отметить, что при проведении расчетов урожайности можно использовать дозы удобрений, приведенные в отраслевых регламентах. Если же землепользователь не обладает достаточным количеством средств на приобретение удобрений, то дозы планируются исходя из возможностей производителя.

Проверка точности программирования урожайности с помощью ИСС показала, что урожайность составила по культурам 1,5–14,8 % (табл. 3). Исключение составила люцерна на мелиорированных почвах – отклонение 22,8 %, так как данные для прогноза по этой позиции получены на склоновой почве. Если же ввести коэффициент эродированности, который для многолетних трав составляет на среднесмытых почвах 0,85, то прогнозная урожайность составит 77,8 ц/га сухой массы вместо 94,9 ц/га и отклонение будет стремиться к нулю.

#### Расчёт урожайности

### 1. Характеристика почв участка

Почвы:

☒ Минеральные почвы ☐ Торфяные почвы

Содержание питательных веществ в почве, мг/кг:

P2O5:  K2O:

### 2. Внесение удобрений

Возделываемая культура:

☒ Расчет по регламенту

Планируемая урожайность, ц/га:

Вносимые дозы минеральных удобрений, кг д.в./га:

N:  P2O5:  K2O:

☒ Применение ретардантов

Рассчитанная урожайность, ц/га: 57.95

### 3. Поправки на состояние земель

Смытость (дефлированность) почв:  Потери: ц/га: 6.95

Объем камней, куб.м/га:  Потери: ц/га: 0.0

Рассчитанная урожайность, ц/га: 51.0

| № пп | Почвы | Содержание P2O5 в почве, мг/кг | Содержание K2O в почве, мг/кг | Воздел |
|------|-------|--------------------------------|-------------------------------|--------|
|------|-------|--------------------------------|-------------------------------|--------|

Рис. 4. Часть диалогового окна ИСС с элементами интерфейса

Таблица 3. Оценка точности прогноза урожайности с использованием ИСС

| Культура                                      | Урожайность, ц/га |             | ± Отклонение, % |          |
|-----------------------------------------------|-------------------|-------------|-----------------|----------|
|                                               | Факт              | Прогноз     | ц/га            | %        |
| Озимая рожь                                   | 44,4              | 48,0        | 3,6             | 8,1      |
| Озимая пшеница                                | 52,4              | 53,6        | 1,2             | 2,3      |
| Яровая пшеница                                | 55,0              | 53,7        | –1,3            | –2,4     |
| Озимая тритикале                              | 52,6              | 51,8        | –0,8            | –1,5     |
| Яровая тритикале                              | 51,8              | 50,0        | –1,8            | –3,5     |
| Ячмень яровой                                 | 46,0              | 46,5        | 0,5             | 1,1      |
| Озимые зерновые на торфяных почвах            | 50,0              | 57,4        | 7,4             | 14,8     |
| Яровые зерновые на торфяных почвах            | 50,0              | 55,1        | 5,1             | 10,2     |
| Люцерна на мелиорированных почвах             | 77,9              | 94,9 (77,8) | 17,0            | 22,8 (0) |
| Ремонт сенокосных травостоев<br>подсевом трав | 82,0              | 85,2        | 3,2             | 3,9      |

### Заключение

Информационно-справочная система поддержки принятия решений для прогноза урожайности агрофитоценозов на мелиорированных минеральных и торфяных землях позволяет

на основании баланса питательных веществ в системе «почва – растение» оперативно рассчитывать ожидаемую урожайность ряда сельскохозяйственных культур с точностью 1,5–14,8 %.

### Библиографический список

1. Методика определения эффективности удобрений в Белорусской Республике / И. М. Богдевич, Г. В. Василюк, В. Г. Грузд, Т. Ф. Соболевская // Повышение экономической эффективности применения минеральных удобрений: сб. тр. / Центр. ин-та агрохим. обслуживания с. х. – Москва : ЦИНАО, 1991. – С. 54–68.
2. Краткое пособие по агрохимическим свойствам почвы: зачем и почему мы это анализируем? // АГРОПЛЕМ. – URL: <https://direct.farm/content/3ca/3ca6d0a7303a4db79bb354bс6d4ccf4b3215362.pdf> (дата обращения: 12.10.2024).
3. Каюмов, М. К. Расчет доз удобрений / М. К. Каюмов // Земледелие. – 1971. – № 10. – С. 23–24.
4. Кукса, В. Методика определения доз минеральных удобрений / В. Кукса. – Новочеркасск, 2011. – 47 с.
5. Расчет возможной урожайности по эффективному плодородию почвы / Студопедия. НЕТ. – URL: [https://studopedia.net/2\\_56339\\_raschet-vozmozhnoy-urozhaynosti-po-effektivnomu-plodorodiyu-pochvi.html?ysclid=lo76rhe7ee189942931](https://studopedia.net/2_56339_raschet-vozmozhnoy-urozhaynosti-po-effektivnomu-plodorodiyu-pochvi.html?ysclid=lo76rhe7ee189942931) (дата обращения: 12.10.2024).
6. Кадастровая оценка сельскохозяйственных земель сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств: методика, технология, практика / Г. М. Мороз [и др.] ; под ред. Г. М. Мороза, В. В. Лапа. – Минск : ИВЦ Минфина, 2017. – 206 с.
7. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур : сб. отрасл. регламентов / НПЦ НАН Беларуси по земледелию; рук. Ф. И. Привалов, В. В. Гракун, Э. П. Урбан; под. общ. ред. В. Г. Гусакова, Ф. И. Привалова. – Минск : Беларус. навука, 2012. – 288 с.

8. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур, технических и кормовых растений: сб. отрасл. регламентов / НПЦ НАН Беларуси по земледелию; рук. Ф. И. Привалов [и др.] ; под. общ. ред. В. Г. Гусакова, Ф. И. Привалова. – Минск : ИВЦ Минфина, 2022. – 532 с.

9. Справочник агрохимика / Ин-т почвоведения и агрохимии ; под. ред. В. В. Лапа. – Минск : ИВЦ Минфина, 2021. – 260 с.

Поступила 30 мая 2025 г.