

Devyatova T.A., Voronezh State University, Voronezh, University Square, 1,
394018, e-mail: devyatova.eco@gmail.com

Minakova O.A., All-Russian Scientific Research Institute of Sugar Beet and Sugar named after A.L. Mazlumov,
396030, Voronezh region, Ramonsky district, P. VNIISS, 86, e-mail: olalmin2@rambler.ru

The improvement of the agrochemical state of leached chernozem with prolonged use of the N135P135K135 system of mineral fertilizers for sugar beet in combination with 25 t/ha of manure in fallow has been proven, which resulted in an increase in the content of mobile forms of NPK, as well as the content of humus and the nitrification ability of the soil. This dose did not contribute to significant acidification of the soil. Long-term fertilizers increased the yield of sugar beet root crops and the productivity of 1 ha of arable land by 20.9-39.9% and 20.4-37.9%, respectively; there was an increase in the dry matter content of root crops by 1.4-2.2 abs.%. 1 kg of NPK provided 5.33-13.1 kg of root crops.

Keywords: sugar beet, leached chernozem, mineral fertilizers, manure, yield, agrochemical properties, productivity of arable land.

УДК 631.422.:631.452

DOI: 10.25680/S19948603.2024.140.04

ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД РАСЧЁТНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ БОНИТЕТА ПОЧВ

**И.Б. Усков, чл.-корр. РАН, А.О. Усков, к.с.-х.н.,
ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»
195220, Санкт-Петербург, Гражданский просп., д. 14
e-mail: i.b.uskov@gmail.com**

Предлагается регрессионная зависимость для вычисления бонитета дерново-подзолистых почв под зерновые, корнеплоды и многолетние травы. Уравнение аппроксимирует сводку таблиц, обобщающих данные многолетних полевых наблюдений на сельскохозяйственных угодьях Северо-Западного региона европейской части России, опубликованных В.А. Семёновым.

Ключевые слова: бонитировка, сельскохозяйственные земли, регрессия, полевые культуры.

Для цитирования: Усков И.Б., Усков А.О. Эффективный метод расчётного определения бонитета почв// Плодородие. – 2024. – №5. – С. 16-19. DOI: 10.25680/S19948603.2024.140.04.

Исследования плодородия почв имеют длительную историю, и по справедливому утверждению акад. РАН А.М. Лыкова [6], весьма поучительную. Острота проблемы остаётся, а качественная оценка агроресурсного потенциала земель не имеет по сей день однозначного толкования. Понятие «плодородие почвы» в определённом смысле условно, ибо в конечном счёте речь должна идти о продуктивности земель как агроэкологической характеристике всего природного комплекса, оцениваемого по факторам продуктивности.

Бонитет почв – сравнительная количественная характеристика качества земельных сельскохозяйственных угодий в баллах, соотносённая с конкретными полевыми культурами, выращиваемыми на почвах определённых типа, генезиса, гранулометрического состава, косвенно или напрямую учитывающая лимитирующие урожаи, климатические или складывающиеся за оцениваемый период погодные условия и природное или текущее агрохимическое состояние деятельного слоя почвы. Работы по количественной оценке плодородия почв развиваются усилиями многих научных коллективов и ориентированы на разработку теоретических основ оценки плодородия и создание методик бонитировки. Большинство из них выполняются исходя из разных теоретических принципов и методик вычислений по данным экспериментальных полевых наблюдений.

Сопоставительный анализ трех принципиально различных методик оценки качества почв: методика И.И. Карманова [4], методика В.А. Семёнова–Н.Л. Благовидова [8], и методика СевзапГипрозема [5] показал сопоставимость методик Семёнова–Благовидова и

СевзапГипрозема на примере оценки земель Ленинградской области. Сделан вывод о том, что по этим методикам определяется именно бонитет почв, обусловленный их конкретными свойствами. Следует отметить, что метод Семёнова–Благовидова по качественной оценке земель основан на обобщении материалов многолетних полевых опытов с основными полевыми культурами в Северо-Западном регионе Нечернозёмной зоны РФ. Следовательно, косвенно климатические условия зоны в вегетационный период в годы, взятые для обобщения, учтены.

Представляется целесообразным согласиться с мнением академика А.М. Лыкова [6] и различать понятия плодородие почв и продуктивность земель. Если обратиться к классификации категорий продуктивности, предложенной Х.Г. Гоомингом [11], то при расчётах продуктивности земель необходимо оперировать тремя категориями продуктивности: потенциальной, климатически обеспеченной и действительно возможной. Уровень потенциальной продуктивности (ПП) ограничивается приходом фотосинтетически активной радиации (ФАР), архитектурой и физиологическим состоянием посева, а также генетическими возможностями выращиваемой культуры по усвоению ФАР. Вычисленная таким образом ПП не соотносится в процессе формирования биомассы с состоянием среды обитания.

Уровень климатически обеспеченной продуктивности (КОП) снижен относительно потенциальной условиями тепло- и влагообеспеченности посева, но при отсутствии ограничения факторами почвенной корнеобитаемой среды.

Категория действительно возможной продуктивности (ДВП) рассматривается как сниженная климатически обеспеченная, ограниченная почвенно-физическими, физико-химическими и агрохимическими условиями в корнеобитаемой среде. Обобщенно их принято выражать через бонитет почв (Б) относительно определённой сельскохозяйственной культуры (i).

$$\text{ДВП} = B_i \text{ КОП.}$$

По мнению Л.М. Державина, уровень плодородия по бонитету почв (земель) является в определённой степени комплексным показателем не только плодородия почв, но и продуктивности земель в широком агроэкологическом смысле [2]. По мнению В.В. Докучаева [3], использование урожайности при бонитировке почв [9] не может быть признано корректным. На лучших почвах различие между высоким и низким урожаями может составлять 30%, а на самых плохих – 100%.

В.А. Седых [10] выполнил оценку взаимосвязей между свойствами почв и урожаем, и показал, что связи урожая со свойствами почв достаточно велики: пшеница – 0,99, картофель – 0,95, травы 1-го года – 0,92, травы 2-го года – 0,99, ячмень – 0,92, овес – 0,63. Оценены коэффициенты корреляции между урожайностью отдельных культур и свойствами почв по содержанию гумуса, фосфора, калия, рН среды при

разной степени окультуренности. Однако эти регрессии правомочны только в определённых интервалах изменения элементов питания и корреляции пригодны лишь для описания именно этих опытов. В этой связи напомним, что ещё П.А. Костычев предупреждал: «один химический анализ мог бы привести нас к заключениям ошибочным, хотя лица, мало знакомые с делом, склонны приписывать химическому анализу очень высокое значение» [5].

Проведённая Н.Л. Благовидовым [8] сопоставительная оценка почв по балльной качественной системе показала обоснованность её использования для агрономических прогнозов.

Цель исследования – приведение таблиц, включающих шкалы бонитировки почв Северо-Западной Нечерноземной зоны РФ, к виду, пригодному для использования в современных цифровых системах агрономических расчётов.

Объектом исследования были таблицы, составленные В.А. Семёновым по данным СевЗапНИИСХ [7]. Для аппроксимации данных таблиц использован регрессионный анализ в виде линейной регрессии.

Результаты и их обсуждение. Бонитировочные таблицы, составленные В.А. Семёновым (пример – таблица 1), малоприспособлены для практических расчётов при современной цифровизации вычислений.

1. Первичная таблица оценки земель (фрагмент). (Почва дерново-подзолистая, супесчаная, культура – озимая рожь)

| Содержание гумуса, % | рН | Содержание P ₂ O ₅ (мг/100 г почвы) | Балл бонитета | Содержание гумуса, % | рН | Содержание P ₂ O ₅ (мг/100 г почвы) | Балл бонитета |
|----------------------|---------|---|---------------|----------------------|---------|---|---------------|
| 1,0–1,5 | 4,0–4,5 | <10 | 6–10 | 2,0–3,0 | 4,0–4,5 | <10 | 26–30 |
| | | 10–20 | 6–10 | | | 10–20 | 38–42 |
| | | >20 | 6–10 | | | >20 | 46–50 |
| | 4,5–5,0 | <10 | 14–18 | | 4,5–5,0 | <10 | 46–50 |
| | | 10–20 | 22–26 | | | 10–20 | 62–66 |
| | | >20 | 22–26 | | | >20 | 70–74 |
| | 5,0–6,5 | <10 | 22–36 | | 5,0–6,5 | <10 | 62–66 |
| | | 10–20 | 38–42 | | | 10–20 | 78–82 |
| | | >20 | 42–46 | | | >20 | 86–90 |
| | >6,5 | <10 | 22–26 | | >6,5 | <10 | 66–70 |
| | | 10–20 | 38–42 | | | 10–20 | 82–86 |
| | | >20 | 46–50 | | | >20 | 90–94 |
| 1,5–2,0 | 4,0–4,5 | <10 | 14–18 | 3,0–3,5 | 4,0–4,5 | <10 | 26–30 |
| | | 10–20 | 22–26 | | | 10–20 | 42–46 |
| | | >20 | 22–26 | | | >20 | 50–54 |
| | 4,5–5,0 | <10 | 30–34 | | 4,5–5,0 | <10 | 50–54 |
| | | 10–20 | 46–50 | | | 10–20 | 66–70 |
| | | >20 | 54–58 | | | >20 | 74–78 |
| | 5,0–6,5 | <10 | 46–50 | | 5,0–6,5 | <10 | 66–70 |
| | | 10–20 | 62–66 | | | 10–20 | 82–86 |
| | | >20 | 70–74 | | | >20 | 90–94 |
| | >6,5 | <10 | 50–54 | | >6,5 | <10 | 66–70 |
| | | 10–20 | 66–70 | | | 10–20 | 82–86 |
| | | >20 | 74–78 | | | >20 | 94–98 |

Действительно, диапазоны изменения содержания гумуса, кислотности и фосфора чрезвычайно широки, и каждый раз нуждаются в линейной интерполяции при необходимости использования конкретного значения каждого предиктора. Это вынуждает пользователя относить предиктор к одной из четырёх групп по содержанию гумуса, по кислотности и к одной из трёх групп по содержанию фосфора. При этом вычисленное значение бонитета в таблицах приводится в виде широкого диапазона, что способствует низкой достоверности вычислений.

Для аппроксимации данных, содержащихся в бонитировочных таблицах, использована регрессионная модель вида

$$B = a_0 + a_1H + a_2pH + a_3P_2O_5 - \text{авторегрессия 1-го порядка для авторегрессии 2-го порядка вида}$$

$$B = a_0 + a_1H + a_2H^2 + a_3P_2O_5 + a_4(P_2O_5)^2 + a_5HP_2O_5 + a_6pH + a_7pH^2 + a_8pHP_2O_5 + a_9pH^2,$$

где B – бонитет; $a_0, a_1 \dots a_9$ – частные коэффициенты корреляции (параметры); H – содержание гумуса, %; pH – кислотность почвы; P_2O_5 – общее содержание P_2O_5 в почве, мг/100 г.

Регрессионная модель такого вида опирается только на агрохимическую почвенную составляющую и в явном виде не учитывает климатические условия. В скрытом виде климатическая составляющая учитывается при обработке многолетних данных, полученных в полевых экспериментах при складывавшихся погодных ситуациях.

Таблицы дифференцированы по типам и видам почв и полевым сельскохозяйственным культурам. Соответствующим образом выполнена и аппроксимация.

Следует заметить, что некоторые исследователи полагают, что критериями оценки почв должны служить

показатели химических и агрохимических их свойств. Результаты вычислений бонитетов почв по регрессионной зависимости наилучшим образом согласуются с данными полевых агрохимических наблюдений и обследований Гипрозема. Определённые в результате асимптотического анализа коэффициенты корреляции (параметры) (табл. 2) сведены в таблицы 3-5 дифференцированно по видам почв и культурам.

2. Характеристика распределения параметров для озимой ржи на суглинистых почвах

| Параметр | Коэффициент корреляции с приближением 95,0% | | | |
|----------|---|--------------------|------------------------|---------|
| | Коэффициент корреляции | | Доверительный интервал | |
| | Значение | Стандартная ошибка | Нижний | Верхний |
| a0 | -217,79 | 16,83 | -251,86 | -183,71 |
| a1 | 24,08 | 4,99 | 13,97 | 34,19 |
| a2 | -3,27 | 0,064 | -4,56 | -1,98 |
| a3 | 1,59 | 0,51 | 0,55 | 2,62 |
| a4 | -0,03 | 0,01 | -0,06 | -0,01 |
| a5 | 0,04 | 0,06 | -0,09 | 0,17 |
| a6 | 60,93 | 4,17 | 52,48 | 69,37 |
| a7 | -4,22 | 0,29 | -4,82 | -3,63 |
| a8 | 0,056 | 0,30 | -0,04 | 1,17 |
| a9 | 0,06 | 0,04 | -0,02 | 0,15 |

3. Коэффициенты корреляции для озимой ржи на дерново-подзолистых почвах

| Параметр | Озимая рожь | | | | |
|----------|-------------|------------|------------------|-------------|-------------------------------|
| | Почвы | | | | |
| | песчаные | супесчаные | легкосуглинистые | суглинистые | тяжелосуглинистые и глинистые |
| a0 | -207,9 | -277,24 | -283,59 | - | -182,79 |
| a1 | 37,4 | 71,48 | 62,16 | 24,08 | 21,4 |
| a2 | -5,96 | -10,9 | -7,18 | -3,27 | -2,92 |
| a3 | 0,46 | 1,09 | 1,64 | 1,59 | -0,01 |
| a4 | -0,02 | -0,04 | -0,03 | -0,03 | -0,01 |
| a5 | 0,25 | 0,17 | 0,05 | 0,04 | 0,07 |
| a6 | 49,32 | 59,86 | 58,96 | 60,93 | 47,17 |
| a7 | -3,45 | -4 | -3,88 | -4,22 | -3,26 |
| a8 | 0,95 | 0,18 | -0,06 | 0,56 | 0,4 |
| a9 | 0,09 | 0,09 | 0,05 | 0,06 | 0,1 |

4. Коэффициенты корреляции для многолетних трав на дерново-подзолистых почвах

| Параметр | Многолетние травы | | | | |
|----------|-------------------|------------|------------------|-------------|-------------------------------|
| | Почвы | | | | |
| | песчаные | супесчаные | легкосуглинистые | суглинистые | тяжелосуглинистые и глинистые |
| a0 | -148,57 | -229,37 | -230,15 | -193,07 | -209,63 |
| a1 | 24,44 | 49,97 | 22,37 | 5,56 | 11,02 |
| a2 | -5,04 | -7,42 | -1,94 | 0,03 | -0,42 |
| a3 | 0,13 | 0,5 | 1,1 | 1,4 | 1,23 |
| a4 | -0,02 | -0,03 | -0,05 | -0,05 | -0,04 |
| a5 | 0,14 | 0,16 | 0,08 | 0,07 | 0,01 |
| a6 | 34,82 | 51,9 | 63,86 | 63,9 | 66,84 |
| a7 | -2,61 | -3,42 | -4,09 | -4,15 | -4,31 |
| a8 | 1,9 | -0,07 | -0,74 | -0,49 | -0,57 |
| a9 | 0,08 | 0,12 | 0,13 | 0,11 | 0,08 |

Вычисление величины бонитета с использованием предлагаемых уравнений регрессии выполняется в следующем порядке:

- выбирается таблица, соответствующая сельскохозяйственной культуре, под которую определяют бонитет поля;

- из столбца таблицы, соответствующего виду почвы данного поля, выписывают значения параметров a_n уравнения регрессии;

- записывают уравнения регрессии с соответствующими данными агрохимического обследования почвы и взятыми из таблицы параметрами a_n ;

- по построенным уравнениям выполняется расчет бонитета.

5. Коэффициенты корреляции для кормовых корнеплодов на дерново-подзолистых почвах

| Параметр | Кормовые корнеплоды | | | | |
|----------|---------------------|------------|------------------|-------------|-------------------------------|
| | Почвы | | | | |
| | песчаные | супесчаные | легкосуглинистые | суглинистые | тяжелосуглинистые и глинистые |
| a0 | -152,16 | -200,18 | -231,27 | -245,93 | -260,93 |
| a1 | 26,08 | 28,74 | 56,89 | 63,85 | 67,57 |
| a2 | -2,72 | -4,09 | -7,17 | -8,22 | -9,2 |
| a3 | -0,21 | -0,19 | -0,39 | -0,45 | 0,98 |
| a4 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | -0,02 |
| a5 | 0,12 | 0,14 | 0,1 | 0,15 | 0,17 |
| a6 | 40,07 | 57,26 | 48,83 | 49,1 | 48,58 |
| a7 | -2,64 | -3,93 | -3,33 | -3,36 | -3,31 |
| a8 | -0,27 | 0,38 | 0,1 | 0,16 | 0,6 |
| a9 | 0,09 | 0,09 | 0,11 | 0,07 | -0,1 |

Выводы. В исследовании выполнена статистическая обработка экспериментальных данных, содержащихся в приведенных таблицах, применительно к выбранной регрессионной модели. Вычислены коэффициенты регрессии модели дифференцированно по полевым культурам и видам почв. Таким образом, метод Семёнова-Благовидова приведён к доступному для практических работников виду, пригодному для использования в современных вычислительных процедурах при качественной оценке сельскохозяйственных земель.

Предложенные уравнения регрессии и коэффициенты рекомендуются для балльной качественной оценки по данным агрохимического и агрофизического обследования дерново-подзолистых почв Северо-Западной зоны европейской территории России.

Литература

1. Анализ методик бонитировки почв и оценки продуктивности земель / И. Б. Усков, О. В. Кононенко, П. А. Суханов, А. О. Усков // Агрохимический вестник. – 2023. – №5. – С. 81-89.
2. Державин, Л. М. Научно-методические основы проектирования применения удобрения в ресурсосберегающих технологиях / Л. М. Державин // Плодородие. – 2011. – №3. – С. 19-22.
3. Докучаев, В. В. К вопросу о переоценке земель европейской и азиатской России / В. В. Докучаев. – М.: Печатная А. И. Снегирёвой, 1898. – [4], IV. – 166 с.
4. Карманов, И. И. Плодородие почв СССР: природные закономерности и количественная оценка / И. И. Карманов – М.: Колос, 1980. – 224 с.
5. Колосов, Л. И. Павел Андреевич Костычев / Л. И. Колосов // Плодородие. – 2002. – №4. – С. 39-40.
6. Лыков, А. М. К проблеме плодородия дерново-подзолистых почв / А. М. Лыков // Плодородие. – 2002. – №4. – С. 31-34.
7. Методические указания и нормативные материалы для разработки проектов адаптивно-ландшафтного земледелия в Северо-Западном регионе РФ / Усков И. Б. (сост.) – СПб.: АФИ, 2004. – 172 с.
8. Семёнов, В. А., Благовидов, Н. Л. Качественная оценка сельскохозяйственных земель / В. А. Семёнов, Н. Л. Благовидов – Л.: Колос, 1970. – 158 с.
9. Сибирцев, Н. М. Почвоведение: лекции студентам Ин-та сел. хоз-ва и лесоводства в Ново-Александрии. отд. VI «Бонитировка почв» / Н. М. Сибирцев. – СПб.: тип. М.П. Фроловой, 1909. – 504 с.
10. Структурные связи между свойствами почв как фактор их плодородия / В. А. Седых, К. В. Савич, О. В. Шиленко, А. Г. Любанов // Плодородие. – 2012. – №2. – С. 26 – 28.
11. Тооминг Х. Г. Солнечная радиация и формирование урожая / Х. Г. Тооминг. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 200 с.

Uskov, I.B. – corresponding member of the Russian Academy of Sciences; e-mail: i.b.uskov@gmail.com

Uskov, A.O. – Candidate of Agricultural Sciences;

Agrophysical Research Institute, 195220, Saint-Petersburg 14, Grazhdanskiy pr., Russia

A regression dependence is proposed for calculating the soil-site index of sod-podzolic soils for grains, root crops and perennial grasses. The equation approximates a summary of tables summarizing the data of long-term field observations on agricultural land in the North-western region of the European part of Russia, published by V.A. Semyonov.

Keywords: land classification, agricultural land, regression, field crops.

УДК 631.445.4 : 631.41.631.582

DOI: 10.25680/S19948603.2024.140.05

УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ В ЗЕРНОТРАВЯНОПРОПАШНОМ СЕВООБОРОТЕ В ЮЖНОЙ ЧАСТИ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ

В.А. Свирина, В.Г. Черногаев,

*Институт семеноводства и агротехнологий – филиал Федерального государственного
бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»
(ИСА – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)*

Россия, 390502, Рязанская область, Рязанский район, с. Подвязье, ул. Парковая, д. 1

E-mail: podvyaze@bk.ru

Установлено влияние предшественников и фона удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в условиях центральной части Нечерноземной зоны на темно-серой лесной тяжелосуглинистой почве.

Наибольшая урожайность озимой пшеницы по предшественнику получена на фоне внесения удобрений в вариантах с клевером и бобово-злаковыми травами второго года пользования – 5,19 и 6,04 т/га соответственно. В этих же вариантах было наиболее качественное зерно: содержание белка, соответственно, 12,2 и 12,61%, клейковины – 26,8 и 26,0%. При этом наибольшая концентрация азота в зерне озимой пшеницы отмечена в севообороте с многолетними и злаковыми травами второго года пользования – 1,98 и 2,14% соответственно. Урожайность по предшественнику (черный пар без удобрений) на контроле составила – 3,72 т/га.

Ключевые слова: озимая пшеница, предшественник, урожайность, качество зерна, фон удобрений.

Для цитирования: Свирина В.А., Черногаев В.Г. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от предшественников в зернотравянопропашном севообороте в южной части Нечерноземной зоны// Плодородие. – 2024. – №5. – С. 19-22. DOI: 10.25680/S19948603.2024.140.05.

Цель современной технологии производства зерновых культур – получение урожая высокого качества [12].

Озимая пшеница – ведущая культура зернового комплекса. По объему производства зерна озимой пшеницы, обеспечению страны продовольствием и экспорту наша страна занимает первое место [11].

Россия поставляет пшеницу в 88 государств, многие из которых предъявляют специфические требования к ее качеству [2].

При выращивании озимой пшеницы важно оптимальное сочетание основных приемов в технологии ее возделывания: чередование культур в севообороте, количество и распределение атмосферных осадков, что отражается на росте и развитии озимой пшеницы [5].

Резервом сохранения плодородия почвы и повышения урожайности зерновых культур является размещение их по бобовым предшественникам.

Культуры севооборота оказывают влияние в качестве предшественников не только на урожайность следующих за ними культур, но и на качество продукции [9].

Цель исследований – изучить влияние различных предшественников, обеспечивающих формирование высокого урожая и качества озимой пшеницы.

Научная новизна проводимых исследований заключается в том, что впервые установлены закономерности

влияния различных предшественников на урожайность озимой пшеницы сорта Московская 39 на темно-серой лесной тяжелосуглинистой почве Рязанской области.

Методика. Исследования проводили на полях Института семеноводства и агротехнологий (ИСА – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ) в 2017-2020 г.

Объектом исследований служил районированный сорт озимой пшеницы Московская 39.

Почва опытного участка – темно-серая лесная тяжелосуглинистая. Учетная площадь делянок – 140 м². Повторность – четырехкратная. Предшественник озимой пшеницы в севообороте – многолетние травы второго года пользования.

Минеральные удобрения, согласно схеме опыта, включали: комплексное удобрение – азофоска (NPK)₁₆ под основную обработку в дозе (NPK)₉₀, аммиачную селитру 1,25 ц/га – весной в фазе кушения.

Испытания проведены на двух фонах: естественный (фон 1) и с использованием минеральных удобрений (фон 2) с различным уровнем насыщения бобово-злаковыми травами. Под все предшественники вносили минеральные удобрения: фон 1 – без удобрений; фон 2 – (NPK)₉₀.

Агрохимическая характеристика следующая: содержание гумуса (по Тюрину, ГОСТ 2621391) в варианте без удобрений – 2,89%, на фоне применения (NPK)₉₀ –