

## ЗАКОНЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В ПРИМЕНЕНИИ К ОТРАСЛИ РАСТЕНИЕВОДСТВА Часть I. Законы земледелия как теоретическая база растениеводства

В. А. РАДОВНЯ, Д. А. РОМАНЬКОВ, А. С. МАСТЕРОВ

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407

А. Ч. СКИРУХА

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»,  
г. Жодино, Республика Беларусь, 222160

(Поступила в редакцию 16.02.2024)

В статье освещаются проблемы, связанные с применением наиболее распространённых (или классических) законов земледелия на практике и в учебном процессе: излишний механицизм, неопределённость масштаба применения, множественность формулировок, исторически сложившаяся ориентация на вопросы земледелия и агрохимии. В итоге классические законы не в полной мере отражают активную роль растений в использовании факторов жизни, что мешает к переходу к биологизированным системам земледелия.

Приведены 14 малораспространённых законов земледелия и законов экологии, которые целесообразно использовать в научно-исследовательской работе и при изучении учебной дисциплины «растениеводство». Малораспространённые законы (закон неравноценности и компенсирующего воздействия факторов среды, закон критических периодов, закон активности растений и др.) Показывают ведущую роль растений в агроэкосистеме и отображают их адаптивные способности. В рассмотренных «растениеводческих» законах растение рассматривается уже не просто, как чёрный ящик, оно обладает активностью, избирательностью, в результате выступает неким дополнительным фактором формирования урожая. Закон единства «организм – среда» В. И. Вернадского определяет свойства объектов системы «организм – среда», и устанавливает, что между живой и неживой природой (средой) существуют обратные связи.

Отмечается, что законы растениеводства должны отражать не только биологическое содержание науки «растениеводство», но и экономическое (закон технологического разнообразия и классические законы оптимума и плодосмена). Обсуждается необходимость «реабилитации» закона убывающего плодородия А. Тюрго.

Предлагается включать малораспространённые законы земледелия в учебный процесс и шире использовать при проведении теоретических исследований.

**Ключевые слова:** законы земледелия, законы растениеводства, законы экологии, агроэкосистема, агротехнологии, адаптация.

The article highlights the problems associated with the application of the most common (or classical) laws of agriculture in practice and in the educational process: excessive mechanics, uncertainty of the scale of application, multiplicity of formulations, historically established focus on issues of agriculture and agrochemistry. As a result, classical laws do not fully reflect the active role of plants in the use of life factors, which hinders the transition to biologized farming systems.

14 less common laws of agriculture and environmental laws are given, which are advisable to use in research work and in the study of the academic discipline “plant growing”. Less common laws (the law of inequality and compensating effects of environmental factors, the law of critical periods, the law of plant activity, etc.) show the leading role of plants in agroecosystems and reflect their adaptive abilities. In the considered “plant growing” laws, the plant is no longer considered simply as a black box, it has activity, selectivity, and as a result acts as a kind of additional factor in the formation of the crop. The law of unity “organism – environment” by V.I. Vernadsky determines the properties of objects in the “organism – environment” system, and establishes that there are feedback connections between living and inanimate nature (environment).

It is noted that the laws of plant growing should reflect not only the biological content of the science of “plant growing”, but also the economic one (the law of technological diversity and the classical laws of optimum and fruit replacement). The need to “rehabilitate” A. Turgot’s law of diminishing returns is discussed.

It is proposed to include the less common laws of agriculture in the educational process and use them more widely when conducting theoretical research.

**Key words:** laws of agriculture, laws of crop production, laws of ecology, agroecosystem, agricultural technologies, adaptation.

### Введение

В последнее время достаточно проблемным вопросом в современных земледельческих (или агрономических) науках является ограниченное проведение теоретических исследований. Сугубо прикладная направленность большинства исследований в данных областях, ориентация на «рекомендации производству» делает редкими фундаментальные и теоретические исследования. А без развития теоретической базы невозможно обеспечить дальнейшее развитие науки.

Надо согласиться с И. Я. Пигоревым, В. Н. Наумкиным и др. [18] в том, что «строгий анализ агрономических положений в земледелии в настоящее время затруднителен, так как не обоснованы ос-

новые элементы теории земледелия и растениеводства – предмет, метод и результаты». На недостаточную теоретическую проработку предмета растениеводства указывает В. Т. Васьюко [4, с. 3–5].

Всё же наличие законов земледелия делают земледелие, агрохимию, растениеводство самостоятельными науками, а не прикладными отраслями биологических наук. В сельском хозяйстве биологические законы природы тесно переплетаются с экономическими, а земля выступает и средством производства, и предметом труда. Поэтому агрономические науки отличаются тесными связями с другими научными дисциплинами. И не только в области естественных и точных наук (биология, химия, математика), но и общественных (экономика, а в скором времени социология и др.). В связи с этим законы земледелия нельзя заменить одними только биологическими, экологическими или общеземледельческими законами. В агрономических науках должны быть «свои» законы, учитывающие специфику отрасли сельского хозяйства и существенную междисциплинарность исследований.

Соответственно, дальнейшее развитие агрономических наук возможно через открытие новых законов земледелия (или уточнение и совершенствование старых). Это направление теоретических исследований до сих пор не потеряло своей актуальности.

В научно-прикладной области законы земледелия (далее – ЗЗ) выступают в качестве общетеоретической основы формирования систем земледелия и совершенствовании технологий возделывания. С помощью ЗЗ проводятся постановка научной проблемы, планирование научных исследований на эмпирическом этапе, объяснение полученных зависимостей и построение новых теорий.

В аграрном образовании при введении студентов в специальность ЗЗ выступают в качестве опорного элемента, позволяют в короткие сроки сформировать у них если не профессиональное мировоззрение, то необходимую систему координат, в рамках которых те будут усваивать поступающую информацию в период обучения.

В практической деятельности специалисты ссылаются на ЗЗ (или они учитываются на бессознательном уровне) при проектировании агротехнологий, обосновании отдельных агроприёмов, доз и сроков внесения удобрений.

Тем не менее, в отечественной научной литературе крайне мало уделяется внимания на использование ЗЗ в научно-исследовательской работе и в образовании [5, 14, 17, 19, 21, 24, 25, 28, 35]. Ещё более редкими являются статьи, направленные на теоретическое развитие ЗЗ [3, 4, 13, 18, 30, 34, 37].

Целью настоящей работы является рассмотрение некоторых проблем практического использования ЗЗ в агрономических науках, в том числе в части применения их к отрасли растениеводства.

#### **Основная часть**

##### **Законы земледелия, как теоретическая база растениеводства**

Законы земледелия более правильно называть земледельческими (или общеагрономическими), каким было земледелие (как отрасль экономики) столетие назад, когда были сформулированы большинство законов. В результате специализации науки в настоящее время земледелие (как научная специальность и учебный предмет), ограничивается вопросами систем земледелия, размещения культур, обработки почвы. Поэтому, чтобы подчеркнуть широкую область применения ЗЗ, их часто называют законами земледелия и растениеводства, или общебиологическими законами формирования урожайности.

В отечественных программах аграрного образования обычно рассматривается 6 законов земледелия. Назовём их «классическими»:

**I – Закон равнозначности и незаменимости факторов жизни растений** (Вильямс, 1939);

**II – Закон лимитирующих факторов**, законы минимума, оптимума, максимума (Шпренгель, 1828, Либих, 1855, Люндегорд, Сакс, 1857, Либшер 1895, Блэкман, 1909);

**III – Закон совокупного действия факторов жизни растений** (Вольни, 1887, Митчерлих, 1909, Бауле, 1918);

**IV – Закон возврата** [питательных веществ] (Либих 1840);

**V – Закон возрастающего почвенного плодородия (прогрессивного роста эффективного плодородия почв);**

**VI – Закон плодосмена** (тэер, конец XVIII в., Павлов, 1838).

*Примечание. Мы не приводим формулировки классических ЗЗ, т.к. не имеется «стандартных» формулировок. Некоторые варианты «классических» ЗЗ и определения менее распространённых ЗЗ приводятся в тексте.*

Подчёркивая основополагающее значение данных законов, их за исключением закона лимитирующих факторов (II) иногда называют принципами (мета-законы, являющиеся несущей конструкцией всех научных теорий).

Законы лимитирующих факторов (II) первоначально формулировались по-отдельности и сейчас в таком виде встречаются в учебниках при ретроспективной подаче учебного материала. Исторически, законы II–III носили сугубо агрохимическую направленность, т. к. были разработаны на основании проведённых вегетационных, а затем полевых исследований с различными минеральными соединениями в рамках обоснования теории минерального питания. В начале XX века было доказано, что данные законы применимы ко всем факторам жизни.

Последние три закона (IV–VI) в пояснениях обычно выступают в качестве фундаментальных основ научных дисциплин агрохимии, почвоведения и земледелия. Напрашивается резонный вопрос, а имеются ли ЗЗ, которые можно считать «растениеводческими»?

В учебнике «агрофизика» [1] авторы широко опираются на использование ЗЗ при обосновании тех или иных формул (математических моделей). Для теоретического описания протекания основных продукционных процессов растений оказалось достаточным из «классических» ЗЗ использовать всего первые два (I, II), но при этом ввести дополнительные:

**VII – Закон неравноценности и компенсирующего воздействия факторов среды** (Рюбель, 1930) – недостаток некоторых экологических факторов может быть компенсирован другим близким фактором.

**VIII – Закон критических периодов** (в жизни растений имеются периоды, в течение которых они наиболее чувствительно к недостатку того или иного фактора).

На наш взгляд, это чрезвычайно важные дополнения к классическим ЗЗ. Закон VII выступает в качестве теоретической базы для конструирования ресурсосберегающих агротехнологий, в которых реализуется принцип оптимальности затрат и замены дорогостоящих ресурсов более дешёвыми (обычно ресурсами природного происхождения – свет, тепло, вода, симбиотический азот и др.).

Закон VIII формирует понятие, что количественная потребность в факторах жизни на протяжении вегетации растений различна, что ошибки, допущенные в начальные периоды роста (обычные критические периоды), невозможно исправить на более поздних стадиях. Таким образом, закон VIII является обоснованием раздела растениеводства – «управление посевами» (защита растений, подкормки, орошение и др.).

В обзорной статье [18] приведён обширный анализ ЗЗ, содержащий как «классические», так и дополнительные законы, принципы и правила. Некоторые из них можно рассматривать в качестве «растениеводческих»:

**IX – Закон взаимокомпенсации регуляторных факторов** (регуляторные факторы, выполняющие индуктивную роль в развитии растений, способны в своём взаимодействии к компенсации одного фактора другим);

**X – Закон активности растений** (растения обладают определенной степенью активностью в потреблении, поиске и подготовке факторов);

**XI – Закон целостности формирования урожая** (конечный урожай полевых культур формируется всем онтогенезом растений, управлять урожаем можно на всех этапах вегетационного периода растений полевых культур, неблагоприятные условия вегетации могут снизить урожай при действии в любой период онтогенеза растений);

**XII – Закон районирования**, основанный на единстве жизни и геохимической среды.

Можно заметить, что в вышеприведённых законах растение рассматривается уже не просто как чёрный ящик, или «идеальный биореактор», куда «входят» факторы жизни и «выходит» урожай, оно обладает активностью, избирательностью, в результате выступает неким дополнительным фактором формирования урожая.

В той же статье авторы поднимают проблему необходимости разработки закона синергизма (взаимодействия между факторами, приёмами и растениями, когда взаимодействие факторов дают прибавку большую, нежели сумма прибавок от факторов по-отдельности).

В математическом виде явление синергизма можно записать в виде  $1+1=2 \times x$ , где  $x > 1$  [22]. Нужно сказать, что в современных селекционных программах для оценки вклада отдельных факторов в формирование урожайности (Y) уже учитывается не только влияние генотипа (G) и условий внешней среды (E), но и их взаимодействия (GE), что и является практическим использованием эффекта синергизма.

$$Y = G + E + GE,$$

В последнее время помимо условий внешней среды вводится оценка агротехники (А) и проводится оценка взаимодействия трех групп факторов (GEA) [29].

В экологии (как научной дисциплине) система законов разработана более основательно. В отечественной экологической литературе выделяется до 12 структурных законов, 14 функциональных законов (в том числе законы II и V из классического перечня ЗЗ) и 14 эволюционно-исторических законов.

Академик В. И. Кирюшин [11, с. 8] указывает на существование в современной экологии более 250 законов, принципов и правил.

По нашему мнению, среди законов экологии главным «растениеводческим» законом является:

**XIII – Закон единства «организм – среда»** (В. И. Вернадский, 1946) – закономерность, в соответствии с которой жизнь развивается в результате постоянного обмена веществом и информацией на базе потока энергии в совокупном единстве среды и населяющих её организмов.

Авторы учебного пособия [10] именно данный закон поставили первым при обсуждении теоретических основ систем земледелия.

Важно, что данный закон определяет свойства объектов. Живые организмы – это открытые биологические системы, они получают для своего существования из окружающей среды вещества (химические элементы, в том числе воду), энергию (солнечную и химическую) и информацию, отдают в окружающую среду трансформированные вещества, энергию и информацию, активно воздействуя (количественно) на неё и изменяя её. Из закона следует, что между живой и неживой природой (средой) существуют обратные связи.

Применительно к системе действует другой важный экологический закон:

**XIV – Закон эмерджентности** (система обладает особыми свойствами, не присущими её отдельным элементам).

Некоторые авторы не видят различий между синергизмом и эмерджентностью, но последняя обычно рассматривается, как качественно новый уровень организации, скачок развития [15]. В агрономических исследованиях нужно помнить, что посев – это не просто группа растений, а почва – не просто «смесь» минерального грунта с органикой.

В отличие от «классических» ЗЗ, у которых исторически главное внимание уделялось веществу (минеральные соединения и вода), экологи приоритетное значение придают поступлению в систему энергии. Сформулирован следующий закон:

**XV – Закон максимизации энергии и информации** (Г. и Э. Одум, Н. Ф. Реймерс) – наилучшими шансами на выживание обладает система, в наибольшей степени способствующая поступлению, выработке и эффективному использованию энергии и информации.

Из закона выводят следующие следствия:

– в соперничестве между собой выживают те системы, которые наилучшим образом способствуют как поступлению энергии, так и её использованию для нужд системы (здесь равным образом рассматриваются как природные биосистемы, так и агроэкосистемы – не только отдельные поля, но и сельскохозяйственные предприятия);

– максимальное поступление вещества не гарантирует системе успеха в конкурентной борьбе.

В агроэкосистемах в отличие от природных экосистем источником энергии выступает не только энергия солнца, но и антропогенная деятельность (через обработку почвы, удобрение, защиту посевов). При этом даже минеральные удобрения и пестициды нельзя рассматривать только в качестве вещества, дополнительно поступающего в систему. Они обладают энергией, а кроме того, перераспределяют потоки энергии в системе. Поэтому даже наиболее «осуществлённые» элементы технологии возделывания, как минеральные удобрения, должны рассматриваться не только как дополнительное вещество, но и как источник энергии, а также как фактор управления системой.

Использование данного закона в применении к сельскому хозяйству ещё не получило достойного теоретического обоснования, но частично используется при расчётах энергетической эффективности (технологий и систем земледелия). Нужно думать, что именно этот закон мог бы стать основой для обоснования точного земледелия, основанного на оптимизации затрат.

Можно выделить ещё один экологический закон, имеющий значение к растениеводству и селекции:

**XVI – Закон относительной независимости адаптации** (высокая адаптивность к одному из экологических факторов не даёт такой же степени приспособления к другим условиям жизни. Наоборот,

она может ограничивать эти возможности в силу физиолого-морфологических особенностей организма).

#### **От определения объектов растениеводства к экономическим законам земледелия**

Какой уровень организации жизни изучает научная дисциплина растениеводство, имеющая предметом исследований «рост и развитие растений полевых культур, их реакция и отношение к экологическим факторам» [23]?

Авторы учебника агрофизика [1] в лучших традициях классической науки сразу определяют основной пространственный масштаб предмета изучения – агроценоз: «почвенный покров со свойственным ему агрофитоценозом и приземным слоем атмосферы». Это биогеоценотический уровень организации жизни.

Данный уровень следует считать основным и для растениеводства, поскольку основной его задачей является разработка агротехнологий, ориентированных на получение максимальных урожаев (при упрощённом подходе), а в преломлении к социально-экономическим условиям агротехнологии ориентированы на получение экономически целесообразного уровня урожайности заданных потребительских свойств.

Кроме того, растениеводство изучает организменный уровень (растение) и популяционно-видовой (сорта растений). И нужно признать, до сих пор в современном растениеводстве (как науке) окончательно не разработана методологическая проблема «неопределённость объектов исследований». Если при разработке сортовой агротехники (популяционный уровень) оценивается влияние экологических условий (в т. ч. агротехники) на различные генотипы, то при разработке технологий выращивания (биогеоценотический уровень) существенно изменяются экологические условия (внесение новых факторов, комплексное изменение их параметров). Возникают вопросы, какие генотипы должны при этом изучаться: стандартные, новые, перспективные? Использование стандартных сортов обеспечивает определённую преемственность исследований, возможность изучать реакции растений на различные экологические условия. Однако практическая ценность таких исследований существенно снижается при появлении новых сортов, обладающими другим генотипом, соответственно, потенциалом продуктивности, адаптивности и технологичности возделывания.

Вместе с тем, в большинстве учебных пособий по земледелию изучаются только внешние факторы жизни (космические и земные), тогда как внутренние факторы (вид, сорт, генотип) не изучаются.

С развитием селекции не только значительно повысился вклад генотипа в общую урожайность, но и изменились технологии возделывания. Сейчас уже говорят не только о сортовой агротехнике, а новых технологиях возделывания, основанных на тех или иных типах сортов. Например, без создания карликовых сортов пшеницы не была бы возможной «зелёная революция», основанная на использовании высоких доз азотных удобрений; создание гербицидоустойчивых сортов не только повысило эффективность борьбы с сорняками, но и изменило другие элементы технологий, вплоть до возможности проведения «нулевой» обработки почвы.

Обычно область применения результатов, полученных в полевых экспериментах, определяется местом проведения исследований (совокупность факторов климат + почва) применительно для районированных сортов (стандартных и других сортов, не уступающих им по урожайности). Но насколько применимы эти результаты для производственных условий, где имеется пестрота почв по рельефу или режиму увлажнения? Какие границы варьирования взаимодействия генотипа с экологическими условиями? Без разработки таких вопросов будет невозможным внедрение «точного земледелия» (дифференцированного внесения удобрений, в последующем – обработки почвы и защиты растений).

Несомненно, следующий этап развития растениеводства – моделирование продукционных процессов при различных экологических условиях и конструирование с его помощью агротехнологий. Такой подход требует достаточной унификации и формализации, в том числе определения единых объектов исследований для определенных уровней организации жизни. Надо полагать, в конце концов ими станут математические модели растений.

Интересно проследить как исторически менялось отношение к объектам исследований.

Согласно [2], немецкий ботаник Ю. Сакс в 1857 году сформулировал свой Закон минимума, оптимума и максимума (II) следующим образом: «Величина урожая определяется фактором, находящимся в минимуме. Наибольший урожай осуществим при оптимальном наличии данного фактора. При минимальном и максимальном наличии фактора урожай невозможен». Позже В. Р. Вильямс (1939) несколько конкретизировал этот закон: «Наибольший урожай осуществим при среднем «оптимальном»

наличия фактора; при наименьшем (минимальном) и наибольшем (максимальном) наличии фактора урожай неосуществим (равен нулю)».

Это практико-ориентированные формулировки, которые предполагают масштаб применения – агроценоз.

Ф. Блэкман в 1909 г. сформулировал Закон ограничивающих (лимитирующих) факторов в следующей редакции: «Факторы среды, имеющие в конкретных условиях пессимальное значение (неблагоприятное – как минимальное, так и избыточное), особенно затрудняют (ограничивают) возможность существования вида в данных условиях вопреки и несмотря на оптимальное сочетание других отдельных условий». Здесь уже прослеживается попытка соединить Закон минимума (Либих, 1840, 1855) с Законом совокупного действия факторов (Митчерлих, 1909), но главное определяется объект: вид (как популяция, проживающая в конкретных условиях).

В 1911 году американский эколог В. Шелфорд сформулировал свой Закон толерантности:

**XVII – Закон толерантности** – лимитирующим фактором жизни организма (вида) может быть как минимум, так и максимум экологического воздействия, диапазон между которыми определяет величину выносливости, толерантности организма к данному фактору) [6]. В других отечественных формулировках приводится «лимитирующим фактором процветания организма ...» [27].

В англоязычной литературе Закон XVII звучит как «Успех организма основан на сложном наборе условий и каждый организм имеет определенный минимальный, максимальный и оптимальный фактор окружающей среды или комбинацию факторов, определяющих успех» [33]. Позже Гуд переформулировал закон толерантности следующим образом: «Каждый вид способен успешно существовать и воспроизводиться только в пределах определенного диапазона условий окружающей среды».

Заметно, что в экологических формулировках предполагается два уровня жизни – организменный и популяционный, а выходом из системы является не столько масса популяции, сколько её «успех» различного уровня (выживание, процветание) – количество особей, ареал распространения и др.

Надо признать, что законы II и XVII имеют одну основу – необходимость наличия оптимального количества фактора для протекания продукционных процессов и взаимодействия организма с внешней средой. Интересно, что в некоторых изданиях указывается, что закон ограничивающих факторов Блэкмана объединяет закон минимума и закон Шелфорда [26].

Годы, когда были сформулированы законы, здесь далеко не важны. Ядром теории Шелфорда явилась способность живых организмов адаптироваться в некоторых границах толерантности, тогда как ранее закон лимитирующих факторов указывает на необходимость наличия достаточного количества факторов жизни (например, как сырья для производственного процесса).

И. Я. Пигорев, В. Н. Наумкин [18] считают, что для практического применения в агрономии более приемлемым является классический закон II, который несёт не констатирующую, а управляющую функцию. По нашему мнению, Закон толерантности Шелфорда для растениеводства имеет не менее важное значение, т.к. позволяет уйти от излишней абстракции: не факторы жизни образуют урожай, а растения под давлением недостатка или избытка факторов жизни формируют урожай. Важно, что Закон толерантности Шелфорда вводит в агрономическую практику понятие устойчивости растений, и как дальнейшее развитие – теорию стресса.

В отличие от природных экосистем, которые ориентированы на выживание с помощью природных механизмов, агроэкосистемы предназначены для получения товарного урожая с определенным качеством продукции [11].

Полученные урожаи должны быть экономически обоснованными. Как указывалось выше, при разработке технологий возделывания культур и системы земледелия в целом по предприятию специалисты в соответствии с Законом VII должны ориентироваться на максимально полное использование бесплатных природных ресурсов (тепло, свет, вода), а кроме того, на рациональное использование земельных, материальных ресурсов (выступающих в качестве факторов жизни, но имеющих свою цену), а также трудовых, энергетических, финансовых и других ресурсов (оказывающих влияние на поступление факторов жизни).

Поэтому даже классические ЗЗ имеют не только биологическую, но и экономическую основу, поскольку оперируют понятиями урожай и плодородие, имеющими свою цену. Закон плодосмена (VI) в своей первоначальной интерпретации имел сугубо экономический характер: «Любое агротехническое мероприятие более эффективно при плодосмене, чем при бессменном посеве». При этом эффективность достигается не только за счёт улучшения питательного и водного режима почвы, её фитосанитарного состояния, но и за счёт организации производства и разделении во времени труда.

Тот же Закон оптимума можно сформулировать в виде «В оптимальных условиях эффективность биологических систем максимальна, т. е. желаемые результаты достигаются при минимальных издержках» [8, с. 83]. Сам Либшер (1895) сформулировал свой Закон оптимума следующим образом: «Фактор производства, предложение которого минимально, вносит тем больший вклад в производство, чем ближе к оптимальному уровню находятся другие производственные факторы», другими словами «Все факторы производства используются наиболее эффективно, когда все они находятся в оптимальном состоянии» [37].

В этих «устаревших» формулировках, на наш взгляд, лучше видна главная задача земледельца – не получение максимального урожая, а эффективное использование ресурсов, в результате чего будет получен максимальный урожай.

Кроме того, можно привести более «экономические» или «хозяйственно-ориентированные» ЗЗ.

По словам академика Кирюшина [11, с. 9] «закончились длительные споры вокруг Закона убывающего плодородия почв, который стал азбучной истиной сельскохозяйственной экологии».

**XVIII – Закон убывающего плодородия почв** (А. Тюрго, конец XVIII века) или Закон убывающей отдачи – каждое дополнительное вложение капитала и труда в землю даёт меньший по сравнению с предыдущим вложением эффект, а после какого-то предела всякий дополнительный эффект становится невозможным.

Данный закон в советской литературе [9, с. 18; 20, с. 24–25] рассматривался в качестве реакционно-буржуазной теории, призванной скрыть недостатки капиталистического способа производства, и не учитывающей научно-технический прогресс. Однако, критика данного закона в учебниках предполагала также раскрытие сложных взаимосвязей между растениями и окружающей средой. Уже в учебнике Н. С. Соколова [16, с. 22] «Общее земледелие» (1935) приводится, что «... растущие растения вместе с охватываемым их корневой системой слоем почвы и приземным слоем атмосферы представляют собой единую, связную и взаимодействующую систему». Таким образом, через критику закона XVIII формировалось системное мировоззрение студентов.

В настоящее время, по мнению В. Ф. Вальков, Т. В. Денисова [3], слова «убывающего плодородия» следует расценивать как словесное недоразумение – правильно говорить о Законе убывающих прибавок урожая. В таком контексте Закон XVII указывает на необходимость разумной концентрации капитала на единицу площади и ничем не отличается от Закона лимитирующих факторов (II).

Относительно недавно в 1992 году С. Т. de Wit [37], обсуждая эффективность использования факторов в сельском хозяйстве, приводит следующее: «В агрономии Закон убывающей отдачи связывают с фоном Либиха (1855 г.) под названием Закона минимума».

Интересно, что в 1909 году был Э. Митчерлих предложил первоначальную редакцию «классического» Закона совокупного действия факторов жизни (III) как «Закон минимума и закон убывающей урожайности почвы», который гласил: «Каждый отдельный фактор роста может повышать урожайность с определенной интенсивностью (импакт-фактором). Однако по мере приближения к максимальной урожайности её прибавки уменьшаются» [32]. Можно сказать, что Э. Митчерлих подтвердил закон Тюрго, но именно в применении к прибавкам урожайности от совокупного действия факторов жизни.

В. А. Villiers [36] столетие назад указывал, что Закон убывающей отдачи выполняется в каждом случае только для конкретных условий (почвы, район, растения и существующие цены): «если урожай растений ещё можно увеличивать по закону оптимума, то возросшие производственные затраты уменьшают получение чистой прибыли. Вместе с тем прогресс науки может позволить фермерам продолжать повышать урожай с адекватной прибылью (например, новые удобрения или системы мелиорации)».

В современной трактовке Закон XVIII прочно вошёл в перечень экологических законов и формулируется следующим образом: «Повышение удельного вложения энергии в агроэкосистему не даёт адекватного пропорционального увеличения её продуктивности» [11, с. 9].

Несомненно, Закон убывающего плодородия почв (XVIII), до сих пор изучаемый в некоторых курсах предмета «земледелия» исключительно с критической стороны, следует «реабилитировать». Закон XVIII носит подчёркнуто экономический смысл и должен учитываться не только в растениеводстве (при разработке агротехнологий), но и в почвоведении – для современной агроэкологической оценки пригодности земель для выращивания сельскохозяйственных культур. При этом размеры прибавок от возрастающей интенсификации возделывания (импакт-фактор по Митчерлиху) являются важнейшей

характеристикой пригодности почвы, одним из количественного показателя эффективного плодородия.

**XIX – Закон разнообразия** (в хозяйстве должно быть несколько сельскохозяйственных культур, каждая культура должна быть представлена набором сортов, сорта состоят из биотипов) [18]. Данный закон в отличие от закона плодосмена (VI) направлен на достижение биологической и экономической устойчивости агроэкосистем различного уровня (не только отдельное поле, но и сельскохозяйственное предприятие в целом).

**XX – Закон технологического разнообразия** (постоянное длительное применение на поле одной и той же технологии (одних и тех же пестицидов, удобрений, обработки почвы и других приёмов) усиливает одностороннее негативное воздействие на почвенное плодородие и поэтому необходимо иметь севооборот с различными культурами и их агротехнологиями).

Данный закон имеет агротехнологический характер и его можно назвать уточнением законов плодосмена (VI) и закона разнообразия (XIX), призванный показать негативные факторы снижения урожайности – токсикозы растений, эрозия почвы и др. Но различные технологии предполагают и различные системы машин, различные затраты трудовых, материальных и финансовых ресурсов, поэтому закон XX следует считать значимым звеном экономического направления.

### **Заключение**

Таким образом, законы земледелия в настоящее время не только не потеряли своего значения, но и являются теоретической базой для развития различных систем земледелия (точное, адаптивно-ландшафтное, органическое). Вместе с тем «классические» законы земледелия, изучаемые в рамках учебной дисциплины «земледелие» и сформулированные столетие назад, не отражают активную роль растений в использовании факторов жизни, что мешает к переходу к биологизированным и адаптивным системам земледелия.

К настоящему времени сформулирован ряд новых экологических и земледельческих законов, имеющих растениеводческую направленность, которые целесообразно использовать в научной деятельности, а также в образовании при преподавании учебного курса «растениеводство».

Сколько и какие законы целесообразно включить в учебный процесс и при этом не «перегрузить» его излишней информацией? Количество законов должно быть относительно небольшим, но в то же время они должны составлять единую систему знаний, необходимую для последующего изучения предмета растениеводства и входящих в его состав модулей: биологические особенности растений, интенсификация и биологизация земледелия, программирование урожая, конструирование агротехнологий, обоснование «растениеводческих» агроприёмов – сроки сева и нормы высева, уход за посевами.

Нужно ли использовать и развивать ЗЗ в рамках научной дисциплины «растениеводство»? Несомненно. По большому счету каждый раздел теоретического растениеводства должен быть представлен «своим» законом (принципом) земледелия и растениеводства, или опираться на несколько общих. В свою очередь прикладное растениеводство должно оперировать правилами (сжатыми рекомендациями для конкретных условий). Например, правило посева, Закон норм высева Стебута-Вольни [18]. При таком подходе ЗЗ сами могут быть предметом теоретических исследований и содействовать развитию новых направлений агрономической науки.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Агрофизика / Е. В. Шеин, В. М. Гончаров; Московский государственный университет. – М.: Издательство: Феникс, 2006. – 400 с.
2. Агрохимия: учебное пособие / Под ред. А. Х. Шеуджена. 2-е изд., перераб. и доп. – Майкоп: Изд-во «Афиша», 2006. – 1075 с.
3. Вальков, В. Ф. Социально-экономические аспекты плодородия почв / В. Ф. Вальков, Т. В. Денисова // Научная мысль Кавказа. – 2007. – №2 (50). – С. 38–43.
4. Васько, В. Т. Теоретические основы растениеводства / В. Т. Васько. – СПб: ПрофиИнформ, 2004. – 200 с.
5. Григулецкий, В. Г. Новая математическая модель продуктивности подсолнечника в зависимости от площади питания растений / В. Г. Григулецкий // Масличные культуры. – 2021. – № 4(188). – С. 8–17.
6. Закон экологического оптимума В.Шелфорда (Закон толерантности). [Электронный ресурс]. – Экологический словарь, 2001. – Режим доступа: <http://bio.niv.ru/doc/dictionary/ecological/fc/slovar-199.htm#zag-300>. – Дата доступа: 15.01.2023.
7. Захваткин, Ю. А. Основы общей и сельскохозяйственной экологии: методология, традиции, перспективы / Ю. А. Захваткин. – М: Мир, 2003. – 360 с.
8. Земледелие: учебник / под ред. Н. И. Никончика, В. Н. Прокоповича. – Минск, ИВЦ Минфина, 2014. – 584 с.
9. Земледелие: учебник для студентов высших учебных заведений по агрономическим специальностям / С. А. Воробьев, А. Н. Каштанов, А. М. Лыков, И. П. Макаров; Ред. С. А. Воробьев, Ред. Е.М. Козина. – Москва: Агропромиздат, 1991. – 527 с. – Библиогр.: с.519.



10. Зубарев, Ю. Н. История и методология научной агрономии: учебное пособие / Ю. Н. Зубарев, С. Л. Елисеев; М-во с.-х. РФ, ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА. – Пермь: Изд-во ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2012. – 251 с.
11. Кирюшин, В. И. Экологические основы земледелия / В. И. Кирюшин. – М. Колос, 1996. – 367 с.
12. 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.
13. Ларионов, Ю. С. Закон плодородия почв - основа новой парадигмы сельскохозяйственного производства / Ю. С. Ларионов // Вестник Сибирской государственной геодезической академии. – 2015. – № 4(32). – С. 120–133.
14. Лихацевич, А. П. Приближенная количественная оценка воздействия факторов окружающей среды на формирование урожая сельскохозяйственных культур / А. П. Лихацевич // Мелиорация. – 2006. – № 1(55). – С. 95–102.
15. Муратов, А. С. Синергизм и эмерджентность: генезис их гармонизации в экономике и управлении / А. С. Муратов, И. П. Поварич // Вестник КемГУ. – 2012. – №1. – С. 11–23.
16. Соколов, Н. С. Общее земледелие: учебное пособие для растениеводческих вузов / Н. С. Соколов. – Москва: Государственное издательство колхозной и совхозной литературы «Сельхозгиз», 1935. – 665 с.
17. Основные законы биологизации земледелия / Г. Жигэу [Электронный ресурс]. – lider-agro. – Режим доступа: <https://lider-agro.md/?p=11418>. – Дата доступа: 18.02.2023.
18. О роли научных понятий в земледелии / И. Я. Пигорев, В. Н. Наумкин [и др.] // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 1. – С. 4–10.
19. Портнов, И. Не в бочке дело... / И. Портнов // Учительская газета. – №37. – 15 сентября 2020.
20. Вильямс, В. Р. Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения: учебник для высших сельскохозяйственных учебных заведений / В. Р. Вильямс. – 5-е издание. – Москва: Сельхозгиз, 1947. – 456 с.
21. Сапогова, Г. В. Роль естественных законов и экономических закономерностей в развитии аграрных технологических систем / Г. В. Сапогова // Экономические науки. – 2011. – 1 (74). – С. 85–89.
22. Синергия. [Электронный ресурс]. – Cybernetics wiki. – Режим доступа: <https://cybernetics.fandom.com/ru/wiki/%d0%a1%d0%b8%d0%bd%d0%b5%d1%80%d0%b3%d0%b8%d1%8f>. – Дата доступа: 15.01.2023.
23. Специальность 06.01.09 – растениеводство. – Приказ Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 15 мая 2018 г. № 125.
24. Суслов, С. А. Законы растениеводства и земледелия / С. А. Суслов // Вестник НГИЭИ. – 2012. – № 1(8). – С. 119–130.
25. Федорова, Н. В. Методика определения общественно необходимых затрат в земледелии на основе дифференциации плодородия почв / Н. В. Федорова // Вестник Чувашского университета. – 2014. – № 1. – С. 260–268.
26. Шадже, А. Е. Словарь терминов по экологии / А. Е. Шадже, Э. А. Сиротюк, А. И. Шадже – Майкоп: Изд-во ФГБОУ ВО «МГТУ», 2016. – 92 с.
27. Шпаргалка по экологии [Электронный ресурс]. – Кафедра инженерной химии и промышленной экологии СПГУТД. Режим доступа: [http://eco.sutd.ru/ecotest/docs/laws.htm#law\\_13](http://eco.sutd.ru/ecotest/docs/laws.htm#law_13). – Дата доступа: 15.01.2023.
28. Bloom, A. Resource limitation in plants - an economic analogy / A. Bloom, F.I. Chapin, H. Mooney // Annu. Rev. Ecol. Syst., 16 (1985), pp. 363-392.
29. Can We Harness “Enviromics” to Accelerate Crop Improvement by Integrating Breeding and Agronomy? // Frontiers in Plant. – 2021. – V. 12.
30. Gorban, A. Law of the Minimum Paradoxes / A. Gorban, L. Pokidysheva, E. Smirnova, T. Tyukina // Bulletin of mathematical biology. – 2010. – № 11.
31. Lynch, J. P. Edaphic stress interactions: Important yet poorly understood drivers of plant production in future climates / Jonathan P. Lynch // Field Crops Research. – Volume 283. – 2022.
32. Minimumgesetz [Electronic resource]. – wikipedia. – mode of access: [https://de.wikipedia.org/wiki/minimumgesetz#:~:text=1909%20erschien%20dann%20eilhard%20alfred,\(wirkungsfaktor\)%20die%20ertragsh%c3%b6he%20steigern](https://de.wikipedia.org/wiki/minimumgesetz#:~:text=1909%20erschien%20dann%20eilhard%20alfred,(wirkungsfaktor)%20die%20ertragsh%c3%b6he%20steigern). – Date of access: 15.01.2023.
33. Shelford's law of tolerance. [Electronic resource]. – Wikipedia. – Mode of access: [https://en.wikipedia.org/wiki/shelford%27s\\_law\\_of\\_tolerance](https://en.wikipedia.org/wiki/shelford%27s_law_of_tolerance). – Date of access: 15.01.2023.
34. Sinclair, T. R. Inadequacy of the Liebig Limiting-Factor Paradigm for Explaining Varying Crop Yields / T. R. Sinclair, W. I. Park // Agron. J. – 1993. – № 85. P. 742–746. Парадигма.
35. Tang, J. Finding Liebig ' s law of the minimum / J. Tang, W. J. Riley // Ecological, 2021. – № 31 (8).
36. Villiers, B. A. The law of diminishing return in agriculture. [electronic resource]. – sabinet african journals. – Mode of access: [https://journals.co.za/doi/pdf/10.10520/aja0000021\\_693](https://journals.co.za/doi/pdf/10.10520/aja0000021_693). – Date of access: 15.01.2023.
37. Wit, C. T. Resource Use Efficiency in Agriculture / C.T. de Wit // Agricultural Systems, 1992. – № 40. – P. 125–151.
38. Johnston, A. E. The importance of long-term experiments in agriculture: their management to ensure continued crop production and soil fertility – the Rothamsted experience / A. E. Johnston, P. R. Poulton. – Eur. J. Soil Sci., 2018. – №69. – P. 113–125.