

УДК 577.23 (091)

Матвеев Н.А.

*Институт истории естествознания и техники
им. С.И. Вавилова РАН (г. Москва)*

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ БИОЭНЕРГЕТИКИ

N. Matveenko

*S.I. Vavilov Institute of History of Science
and Technology RAS, Moscow*

THE HISTORY OF BIOENERGETICS: MAIN STEPS

Аннотация. Предложена периодизация и охарактеризованы этапы формирования биоэнергетики – науки о молекулярных основах энергетического обмена живых систем. Возникнув в 60-х гг. XIX ст. как прикладное направление, занимающееся вопросом калорийности питательных веществ, биоэнергетика к 30-м гг. XX ст. становится исследовательской областью биохимии гликолиза и дыхания. В 1930-х – 50-х гг. была разработана концепция дыхательной цепи, сформулирована проблема окислительного фосфорилирования. Выдвинутая в 1960-х гг. П. Митчеллом хемиосмотическая теория сопряжения дыхания и фосфорилирования позволила разрешить центральную проблему механизма работы дыхательной цепи и способствовала дисциплинарному оформлению биоэнергетики.

Ключевые слова: биоэнергетика, энергетический обмен, концепция дыхательной цепи, окислительное фосфорилирование, хемиосмотическая теория сопряжения дыхания и фосфорилирования.

Abstract. In the article periodization is proposed and the steps of historical development of bioenergetics as the science studying molecular basis of energy metabolism in living systems are characterized. Bioenergetics, emerged in the 1860's as an applied branch investigating the "heat content" in foodstuffs, in the 1930's became an autonomous research field in biochemistry of glycolysis and respiration. In the 1930's — 50's the fundamental respiratory chain concept was developed, and the problem of oxidative phosphorylation was posed. Chemiosmotic theory of the coupling of respiration and phosphorylation, invented in the 1960's by P. Mitchell, solved the central problem of respiratory chain mechanism and shaped the bioenergetics as the discipline.

Key words: bioenergetics, energy metabolism, respiratory chain concept, oxidative phosphorylation, chemiosmotic theory of the coupling of respiration and phosphorylation.

Биоэнергетика – наука о молекулярных механизмах процессов преобразования энергии внешних ресурсов в живых системах и её использования для реализации биологических функций [2-4]. История биоэнергетики отражает, на наш взгляд, наиболее существенные закономерности формирования физико-химической биологии [5, 6] – сложноструктурированной области современного знания, охватывающей проблемы химии, биохимии, биофизики, молекулярной и клеточной биологии, генетики и микробиологии, а также ряд фундаментальных проблем медицинских наук. Общетеоретический фундамент «новой биологии» начинает складываться во второй половине XIX в., когда в химии была создана теория строения и разработана методология экспериментальной проверки её положений – органический синтез. Этот процесс, по мнению А.Н. Шамина, не сводился к перегруппировке элементов химии применительно к биологическим объектам, но сопровождался возникновением в зоне взаимодействия химии и биологии принципиально новой познавательной структуры, обладающей всеми характеристиками обеих наук и вместе с тем тенденцией к выработке собственных концепций и собственной методологии, имеющих общебиологическое значение [5]. В формирующейся биохимии второй половины XIX ст. – начала XX ст. определён-

но содержались и истоки биоэнергетики как будущего самостоятельного научного направления. В этот период были открыты бескислородные (анаэробные) формы жизни и разработана химическая термодинамика, на основе которой впоследствии стали ясны общие принципы окислительных процессов и их энергетическая роль для организмов. На рубеже столетий была доказана физико-химическая природа форм энергии в живых системах, а биохимия приступила к изучению реакций брожения, гликолиза и дыхания, выявлению промежуточных продуктов обменных процессов.

Отдельные события, лежащие у истоков концепций биоэнергетики, относятся к более ранним периодам истории биологии. Так, открытие фотосинтеза, создание А. Лавуазье теории дыхания как медленного окисления компонентов пищи в организме и разработка первого из экспериментальных методов биоэнергетики – калориметрии, приходится на 70-80-е годы XVIII столетия. Однако концептуальное единство трёх новых исследовательских течений не могло быть осознано ранее середины XIX ст., когда были открыты законы термодинамики, прояснившие энергетическую роль фотосинтеза и дыхания, а также физическую природу тепловых процессов [1]. В истории экспериментального изучения биоэнергетических процессов можно выделить пять этапов.

На первом этапе (60-е гг. XIX ст. – начало XX ст.) велись измерения «теплосодержания» или калорийности основных продуктов питания с целью определения энергодающих процессов обмена веществ и расчёта норм питания. Тремя главными итогами этапа стали вывод К. Фойта о жирах и углеводах как основных источниках энергии для организмов, сделанный в 1870-е гг., правило калорийной взаимозаменяемости углеводов, жиров и белков для организмов, сформулированное М. Рубнером в 1894 г., а также выводы У. Этютера, показавшие, что мышечная работа совершается за счёт реакций окисления пищевых веществ, и что отношение выделенного тепла к механической

работе, выполненной организмом, полностью согласуется с принципом сохранения энергии. Последнее означало доказательство физико-химической природы форм энергии в живых системах. В указанное время начала проясняться и качественная сторона энергетических процессов. Открытие Л. Пастером в 1861 г. микроорганизмов, не способных жить и размножаться в кислородной атмосфере, открытие С.Н. Виноградским в 1887 г. автотрофных микроорганизмов, живущих за счёт окисления неорганических субстратов, наглядно свидетельствовали о том, что снабжение клеток энергией важнее органического питания и снабжения кислородом, и определяется спецификой механизмов обмена веществ [1]. Работы микробиологов во многом способствовали созданию современных подходов к трактовке принципов биологического окисления и биоэнергетики, хотя и не были оценены сразу должным образом.

Второй этап (1900-е гг. – середина 1920-х гг.) характеризуется попытками М. Рубнера, А.Н. Баха и О. Мейергофа создать общехимические представления об энергетике процессов в живых организмах. С другой стороны, начинают разрабатываться экспериментальные подходы к выяснению механизмов гликолиза и дыхания. Ведущим подходом, хорошо зарекомендовавшим себя уже в самых ранних работах, стал ингибиторный анализ, позволяющий выявить промежуточные продукты ферментативных реакций. Этим путём впоследствии были определены все ключевые звенья системы преобразования энергии в организмах. В 1920-х гг. серьёзный кризис претерпели основы представлений о принципах биологического окисления. На сцену вышли две соперничающие концепции, притом каждая – со своей доказательной экспериментальной базой: теория «дыхательного фермента», разработанная в 1914-1924 гг. О. Варбургом, и теория «дегидрирования», разработанная в 1912-1922 гг. Г. Виландом. Теория Варбурга стала логическим завершением теории активации кислорода, выдвинутой в 1850-х гг. швейцарским химиком Х. Шёнбайном [5]. Её централь-

ный постулат – представление о переносе «активированного» кислорода к субстратам дыхания – разделялся большинством исследователей дыхания первой четверти XX ст. Анаэробный обмен веществ они объясняли ссылками на реакции «внутримолекулярного» кислорода, якобы извлекаемого из субстратов брожения. Сторонники теории Виланда, в центре которой лежит постулат о «дегидразах» (дегидрогеназах) – ферментах, активирующих водород субстратов дыхания, были в явном меньшинстве, несмотря на то, что концепция переноса водорода с единых позиций объясняла аэробные и анаэробные процессы в тканях. Первые препараты индивидуальных дегидрогеназ, однако, удалось получить только в конце 1920-х – начале 30-х гг. В числе сторонников дегидрогеназ был английский биохимик Д. Кейлин, получивший в 1925 г. косвенное доказательство их участия в дыхании с неожиданной стороны – «системы цитохрома», описанной ещё в 1880-х гг. Ч. Мак-Манном под названием «мио- и гистогематинов». Именно теория «дегидраз» Виланда стала ключом к выдвинутой Д. Кейлином в 1927–1929 гг. гипотезе механизма дыхания, в котором цитохромы являются связующим звеном в системе переноса водорода с субстратов дыхания на кислород. Эта идея, по Митчеллу, образует фундамент концепций, объединённых в хемиосмотической теории [9].

На третьем этапе (конец 1920-х гг. – начало 1950-х гг.) были установлены общие характеристики дыхательной цепи – центральной системы энергообеспечения живых организмов. В 1930-е гг. были открыты её новые компоненты – флавопротеиды, служащие посредниками между дегидрогеназами и системой цитохромов, а также определена структура коферментов дыхания – пиридин- и флавиннуклеотидов. В 1938 г. Д. Кейлин идентифицировал «дыхательный фермент» Варбурга как цитохромоксидазу – конечный фермент системы дыхания, реагирующий с кислородом. В те же годы американский биохимик Э. Болл (1904-1979) сумел прояснить важный вопрос, не раскрытый в ранних ра-

ботах Кейлина – порядок расположения цитохромов и других компонентов «системы переноса водорода»¹. Измерив редокс-потенциалы компонентов цитохрома и сопоставив их с редокс-потенциалами других дыхательных переносчиков, Болл в 1939 г. высказал гипотезу, согласно которой водород субстратов дыхания переносится последовательно через пиридины, флавины, цитохромы *b*, *c* и *a* на кислород. Это представление соответствовало заключению о ступенчатом характере выделения энергии окислительных процессов в клетках, к которому пришли биохимики 1920-х гг. Установление общих особенностей структуры дыхательных ферментов, а также доказательство А. Ленинджером локализации системы дыхания в митохондриях [1], позволили к концу 1940-х гг. приступить к изучению молекулярного механизма окислительного фосфорилирования – процесса преобразования энергии субстратов дыхания в форму аденозинтрифосфата (АТФ). Эта реакция была открыта в 1930 г. выдающимся российским биохимиком Владимиром Александровичем Энгельгардтом (1894-1984) и составляет одну из наиболее замечательных глав истории как отечественной, так и мировой биохимии. Интенсивные исследования окислительного фосфорилирования начались в конце 30-х гг., когда работы Г. Калькара (1908-1991) показали, что феномен наблюдается в бесклеточных препаратах и, следовательно, имеет молекулярную основу, а В.А. Белицер (1906-1988) получил косвенное доказательство сопряжения синтеза АТФ с работой дыхательной цепи [1]. В те же годы Ф. Липманн (1899-1986) создал концепцию, прояснившую биологический смысл открытой Энгельгардтом реакции. Согласно идее Липманна, на которой базируются современные представления о системе энергетического обмена организмов, АТФ и другие «высокоэнергетические» фосфорные

¹ В биохимии представления об электронном механизме окислительно-восстановительных реакций (ОВР) стали общепринятыми в 1940-е гг. До этого времени их часто характеризовали как «реакции переноса водорода», поскольку многие ОВР сопровождаются изменениями pH-среды.

эфир в протолитических реакциях подобны сильным восстановителям в окислительно-восстановительных реакциях, тогда как простые, «низкоэнергетические» эфиры подобны слабым восстановителям. Сопоставив величины свободной энергии гидролиза фосфорных эфиров и окислительно-восстановительных реакций, Ф. Липманн в 1941 г. пришёл к выводу, что АТФ является универсальным переносчиком энергии в системе обмена веществ.

На четвёртом этапе (середина 1950-х гг. – конец 1970-х гг.) биоэнергетика оформилась в самостоятельную науку и приобрела дисциплинарный статус. В 1953 г. Э. Слейтером была предложена рабочая гипотеза сопряжения окисления и фосфорилирования в дыхательной цепи (впоследствии названная «химической гипотезой»), согласно которой молекулярный механизм феномена не отличается принципиально от других ферментативных реакций [1]. 20-летние исследования, проведённые с целью её проверки, однако, не смогли выявить принцип устройства механизма, аккумулирующего энергию переноса электронов. Причиной долгого господства «химических» схем в основах биоэнергетики было то, что главной задачей проблемы окислительного фосфорилирования считалось объяснить механизм действия дыхательных ферментов. Исследователи 1950–60-х гг. полагали, что механизм, аккумулирующий энергию, станет ясен, когда уточнится строение «сопрягающих» участков дыхательной цепи. В начале 1960-х гг. Р. Уильямсом, П. Митчеллом и П. Бойером были выдвинуты оригинальные гипотезы сопряжения, отрицающие существование промежуточных продуктов окислительного фосфорилирования. Согласно гипотезам Уильямса и Митчелла, АТФ возникает как непосредственный результат переноса электронов по дыхательной цепи, а единственным «сопрягающим интермедиатом» являются ионы водорода субстратов дыхания. Уильямс полагал, что существует единый комплекс ферментов дыхательной цепи с АТФ-синтазой (суперкомплекс), в котором протоны, освобождающиеся при

окислении субстрата переносчиком электронов, не выходят в водную фазу и передаются внутри структуры в каталитический центр АТФ-синтазы [11]. В первоначальной гипотезе Митчелла центральную роль играет «обратимая АТФаза» – гипотетический встроенный в мембрану по соседству с дыхательной цепью фермент, «катализирующий равновесия», т. е. работающий как «термодинамический двигатель»¹ [7]. Согласно гипотезе, ионы H^+ и OH^- , выделяемые дыхательной цепью асимметрично по обе стороны внутренней мембраны митохондрий, нейтрализуют те же ионы, выделяемые соседней аденозинтрифосфатазой (АТФазой); это «помогает» последней сместить равновесие гидролиза АТФ в обратную сторону, в результате чего АТФаза начинает работать как АТФ-синтаза. Так, по Митчеллу, достигается «хемиосмотическое» сопряжение переноса электронов с синтезом АТФ без каких-либо промежуточных стадий превращения энергии. Таким образом, сопряжение дыхания и фосфорилирования, по Уильямсу, оказывается *локализованным*, а реакция фосфорилирования АДФ протекает по механизму кислотной высокотемпературной полимеризации фосфорной кислоты, для которой мембраны не требуются, тогда как у Митчелла процесс *делокализован* в примембранной водной фазе и, следовательно, невозможен в немембранных структурах. Гипотеза Митчелла на фоне всех других гипотез сопряжения давала простое объяснение наименее понятному для биохимиков того времени феномену разобщения окисления и фосфорилирования разнородными агентами, не являющимися аналогами фосфата.

В 1964 г. американским биохимиком П. Бойером была выдвинута гипотеза механохимического (конформационного) сопряжения. Согласно Бойеру, энергия переноса электронов затрачивается на создание на-

¹ Ферменты, как известно, являются «кинетическими машинами», ускоряющими достижение равновесия катализируемых ими реакций. Существование же устройств, подобных «обратимой АТФазе» Митчелла, невозможно, в том числе, как показал впоследствии Слейтер [10], и по чисто термодинамическим соображениям. — Прим. авт.

пряжённой конформации одного из ферментов дыхательной цепи, по свойствам аналогичного актомиозину мышц; его возвращение в исходную конформацию («расслабление») сопровождается использованием накопленной энергии для синтеза «высокоэнергетического» предшественника АТФ. Поскольку определить фермент, а также выделить интермедиат не удавалось и здесь, в 1960-е гг. «схема Бойера не смогла составить серьёзной конкуренции химической концепции сопряжения» [3, 15-16]. Гораздо позже элементы концепции Бойера, соединённые уже с хемиосмотической теорией, легли в основу современных представлений о принципах работы протонной АТФ-синтазы и жгутиковых моторов у подвижных видов бактерий. Неверным, однако, оказался и ранний «хемиосмотический» механизм.

В 1966 г. Митчелл в книге «Хемиосмотическое сопряжение в окислительном и фотосинтетическом фосфорилировании» [8] предложил электрохимический механизм сопряжения дыхательной цепи и системы фосфорилирования АДФ, взяв за основу принцип работы топливного элемента, изобретённого его соотечественником У. Грове ещё в 1839 г. Сравнение ячеек Грове и Митчелла приведено на рис. 1. В элементе Грове источником электрического тока (J_{ζ}) являются газы с неодинаковым сродством, например, водород и кислород, которые раздельно продуваются через металлические электроды, погружённые в раствор серной кислоты. Вода (Aq) является изолятором для электронов, поскольку свободные электроны не могут существовать в растворе. Если оба электрода замкнуть в цепь, то в силу законов химического сродства и термодинамики водород у электрода слева (L_{el}) начнёт терять электроны, которые потекут к «правому» электроду (R_{el}), чтобы восстановить кислород до воды; дополнительные ионы водорода (H^+) в изолирующем водном слое выполняют роль катализатора этой окислительно-восстановительной реакции. Если электродвижущая сила (Δe) достигнет некоторой пороговой величины, электроны в ходе пути от H_2 к O_2 смогут совершать дополнительную работу в подсоединённых к цепи устройствах. Согласно Митчеллу, АТФаза схожим образом сопряжена с электронтранспортной це-

ретённого его соотечественником У. Грове ещё в 1839 г. Сравнение ячеек Грове и Митчелла приведено на рис. 1. В элементе Грове источником электрического тока (J_{ζ}) являются газы с неодинаковым сродством, например, водород и кислород, которые раздельно продуваются через металлические электроды, погружённые в раствор серной кислоты. Вода (Aq) является изолятором для электронов, поскольку свободные электроны не могут существовать в растворе. Если оба электрода замкнуть в цепь, то в силу законов химического сродства и термодинамики водород у электрода слева (L_{el}) начнёт терять электроны, которые потекут к «правому» электроду (R_{el}), чтобы восстановить кислород до воды; дополнительные ионы водорода (H^+) в изолирующем водном слое выполняют роль катализатора этой окислительно-восстановительной реакции. Если электродвижущая сила (Δe) достигнет некоторой пороговой величины, электроны в ходе пути от H_2 к O_2 смогут совершать дополнительную работу в подсоединённых к цепи устройствах. Согласно Митчеллу, АТФаза схожим образом сопряжена с электронтранспортной це-

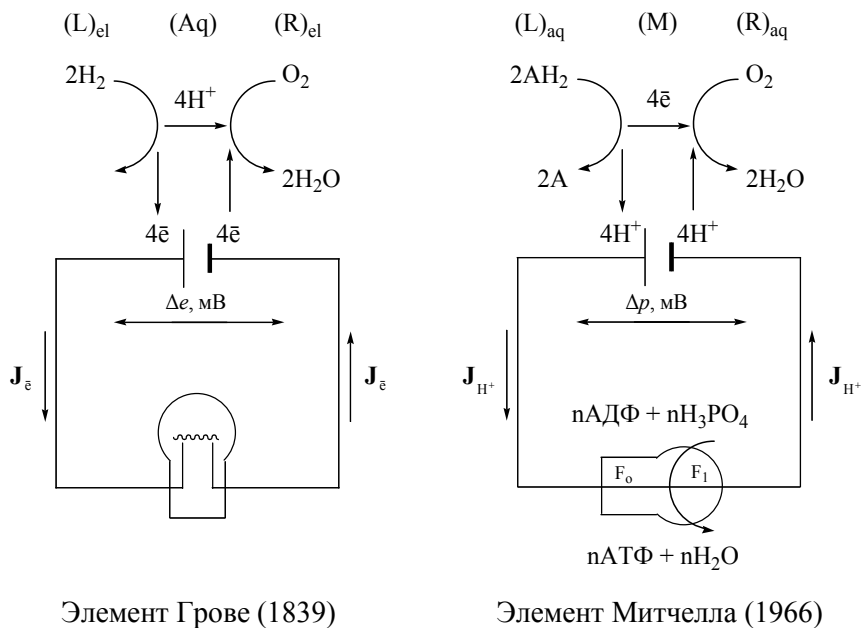


Рис. 1. Электрохимический принцип сопряжения дыхания с синтезом АТФ согласно хемиосмотической теории П. Митчелла (Mitchell, 1966; Николс, 1985; адаптировано)

пью в дышащей клетке, где «топливом» служит водород субстратов дыхания (AH_2). При этом электроны сохраняют роль основного источника энергии, тогда как протоны выполняют «рабочую» часть функций электронов в замкнутых цепях. Роль «электродов» в модели Митчелла выполняют водные отсеки (L_{aq} и R_{aq}), разделённые изолирующим слоем – внутренней мембраной митохондрий (М), непроницаемой для ионов. Электроны переносятся по ферментам дыхательной цепи к кислороду, протоны же за счёт энергии электронов выталкиваются наружу в примембранный слой, где, двигаясь по направлению к кислороду, проходят сквозь АТФ-синтазу и обеспечивают приобретённой кинетической энергией фосфорилирование. Согласно Митчеллу, необходимым и достаточным условием синтеза АТФ является замкнутый по отношению к сторонам мембраны протонный ток (J_{H^+}), достигающий определённой пороговой величины ($\Delta p \approx 200$ мВ). «Протондвижущая сила» может быть измерена и рассчитана по уравнению Нернста [1, 4].

Доказательная база хемиосмотической теории основывается большей частью на работах исследовательских групп акад. В.П. Скулачева в нашей стране и Э. Рэкера в США, охарактеризованных нами ранее [1]. Здесь отметим, что один из наиболее серьёзных вопросов теории заключается в том, способны ли внутриклеточные (не искусственные!) мембраны образовывать и поддерживать электрический потенциал достаточной величины, необходимой для синтеза АТФ согласно расчётам Митчелла? Измерение мембранного потенциала внутриклеточных органелл оказалось крайне сложной задачей, поскольку их размеры сопоставимы с размерами измеряющих электродов [2]; она решена только в случае крупных органелл [4, 35]. Метод прямой регистрации электрической активности мембранных белков, разработанный в 1974 г. сотрудниками Межфакультетской лаборатории МГУ [6], явился прямым доказательством способности индивидуальных ферментов превращать химическую энергию в электричество, т. е. доказательством «элек-

трической части» гипотезы Митчелла. В 1978 г. автор хемиосмотической теории П. Митчелл был удостоен Нобелевской премии по химии.

С 1980-х гг. начинается пятый, современный этап развития биоэнергетики. Его развитие подробно освещено в многочисленных монографиях (см., напр., [4]), учебниках и обзорах. В настоящее время в биоэнергетике дискуссионными остаются два крупных теоретических вопроса. Работают ли отдельные ферменты дыхательной цепи независимо, или объединены в суперкомплекс, как предполагал Уильямс ещё в 1961 г.? Другой вопрос касается проблемы локализованного и делокализованного сопряжения, также поднятой Уильямсом (её обсуждение можно найти в работе [12]). По результатам многолетних исследований, проведённых в группе Л.С. Ягужинского, предполагается, что митохондрии внутри клетки существуют в двух структурно-функциональных состояниях и в зависимости от условий могут работать как по механизму Митчелла, так и по механизму Уильямса.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Матвеевков Н.А. К вопросу о роли термодинамики и биоэнергетики в истории физико-химической биологии // Вестн. МГОУ. Сер. «Ест. науки». 2011. № 2. С. 57-65.
2. Николс Д. Биоэнергетика. Введение в хемиосмотическую теорию. Пер. с англ. М.: Мир, 1985. 190 с.
3. Скулачев В.П. Трансформация энергии в биомембранах. М.: Наука, 1972. 204 с.
4. Скулачев В.П. Энергетика биологических мембран. М.: Наука, 1989. 564 с.
5. Шамин А.Н. История биологической химии. Формирование биохимии. М.: Наука, 1993. 262 с.
6. Drachev L.A., Jasaitis A.A., Kaulen A.D., Kondrashin A.A., Liberman E.A., Nemecek I.B., Ostroumov S. A., Semenov A. Yu., Skulachev V.P. Direct measurement of electric current generation by cytochrome oxidase, H⁺-ATPase and bacteriorhodopsin // Nature. 1974. V. 249. P. 321-324.
7. Mitchell P. Coupling of phosphorylation to electron and hydrogen transfer by a chemiosmotic type of mechanism // Nature. 1961. V. 191. P. 144-148.
8. Mitchell P. Chemiosmotic coupling in oxidative and

- photosynthetic phosphorylation. GlynnResearch, Bodmin, Cornwall, 1966. 192 pp.
9. Mitchell P. David Keilin's respiratory chain concept and its chemiosmotic consequences // Nobel Lecture. 8 December, 1978.
 10. Slater E.C. An evaluation of the Mitchell hypothesis of chemiosmotic coupling in oxidative and photosynthetic phosphorylation // Eur. J. Biochem. 1967. V. 1. P. 317-326.
 11. Williams R.J.P. Possible functions of chains of catalysts // J. Theor. Biol. 1961.V. 1.P. 1-17; 1962.V. 3. P. 209-229.
 12. Yaguzhinsky L.S., Yurkov V.I., Krasinskaya I.P. On the localized coupling of respiration and phosphorylation in mitochondria // Biochim. Biophys. Acta.2006. V. 1757. P. 408-414.

УДК 632.51:581.527.7 (470.313)

Палкина Т.А.

Рязанский государственный агротехнологический университет

ЧУЖЕРОДНЫЕ РАСТЕНИЯ В СЕГЕТАЛЬНОЙ ФЛОРЕ РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ

T. Palkina

Ryazan State Agrotechnological University

ALIEN PLANTS IN SEGETAL FLORA OF THE RYAZAN REGION

Аннотация. Изложены результаты изучения видового состава чужеродных сорных растений агроценозов на территории Рязанской области. Выявлено 98 видов (38 % всего числа), преимущественно однолетних растений – 81 %. Широко распространенными являются 29 видов разной активности. Это в основном древние сеgetальные сорняки. Среди 208 неактивных видов – 33 % чужеродных, большинство их – сеgetальные и рудеральные растения, а также ускользающие из культуры. 17 чужеродных видов являются инвазионными.

Ключевые слова: сеgetальная флора; агроценозы; видовой состав; активность видов; чужеродные растения; инвазионные виды.

Abstract. This article is devoted to the results of studying the species composition of alien weed plants in agro-cenoses on the territory of Ryazan region. 98 species (38 %) were revealed, mainly annual plants (81 %). 29 species of different activity are widely spread. There are basically ancient segetal weeds. Among 208 inactive weed species of agro-cenoses 33 % alien plants, majority segetal and ruderal, and also escaping from the culture. 17 alien species are invasive.

Key words: segetal flora; agro-cenoses; species composition; species activity; alien plants; invasive species.

Усиливающееся во флорах Земного шара внедрение чужеродных растений в различные экосистемы может наносить им экономический ущерб и повлечь серьезные экологические последствия. В агроценозах адвентивные растения представляют значительную часть сеgetальных видов, в том числе наиболее вредоносных, снижающих урожай культур в некоторых регионах страны на 20-30 %, и состав их продолжает пополняться [8]. Видовой состав и роль видов чужеродных растений в регионах неодинаковы. В Средней России сведения о них получены лишь для немногих областей при изучении их адвентивной флоры [2]. Задачи настоящей работы – выявление и анализ видового состава и роли чужеродных растений в агроценозах Рязанской области.