

УДК 57

DOI: 10.34670/AR.2023.20.38.034

Биологическая роль азота в природе

Атаева Аминат Ахмедовна

Кандидат биологических наук,
доцент кафедры «Общая и неорганическая химия»,
Грозненский государственный нефтяной технический университет,
364024, Российская Федерация, Грозный, пр. Исаева, 100;
e-mail: Ataeva_amina@mail.ru

Вакараева Малика Мовсаровна

Доцент кафедры микробиологии и биологии,
Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова,
364093, Российская Федерация, Грозный, ул. Асланбека Шерипова, 32;
e-mail: mvakaraeva@mail.ru

Хадисова Жанати Турпалиевна

Кандидат химических наук, доцент,
Грозненский государственный нефтяной технический университет,
364024, Российская Федерация, Грозный, пр. Исаева, 100;
e-mail: Janna_h@list.ru

Аннотация

Азот является элементом, необходимым для существования животных и растений, он входит в состав белков (16-18% по массе), аминокислот, нуклеиновых кислот, нуклеопротеидов, хлорофилла, гемоглобина и др. В связи с этим значительное количество связанного азота содержится в живых организмах, «мертвой органике» и дисперсном веществе морей и океанов. Основная функция и способность азота – образовывать пептидные связи и формировать все разнообразие белков, а также участвовать в составе множества биологически активных гетероциклов. Азот необходим всем живым организмам для синтеза азотсодержащих строительных блоков – аминокислот, из которых образуются белки и нуклеиновые кислоты. Азот представляет из себя инертный газ. Он не имеет запаха, цвета и не поддерживает жизнь, однако он важен для роста растений и является ключевой добавкой в удобрениях. Его применение распространяется далеко за пределы садоводства. Азот обычно имеет жидкую или газообразную форму (однако также можно получить твердый азот). Жидкий азот используется в качестве хладагента, который способен быстро замораживать продукты и объекты медицинских исследований, а также для репродуктивных технологий. Рассмотрим подробнее газообразный азот. Азот широко используется, главным образом, по причине того, что он не вступает в реакцию с другими газами, в отличие от кислорода, который является крайне реактивным. Из-за своего химического состава атомам азота требуется больше энергии для разрушения и взаимодействия с другими веществами. С другой стороны, молекулы кислорода легче

разрываются, поэтому газ становится гораздо более реактивным. Газообразный азот обладает противоположными свойствами, обеспечивая, при необходимости, инертную среду.

Для цитирования в научных исследованиях

Атаева А.А., Вакараева М.М., Хадисова Ж.Т. Биологическая роль азота в природе // Педагогический журнал. 2023. Т. 13. № 9А. С. 247-255. DOI: 10.34670/AR.2023.20.38.034

Ключевые ключи

Азот, живой организм, природа, животные, растение, количество.

Введение

Азот является элементом, необходимым для существования животных и растений, он входит в состав белков (16-18% по массе), аминокислот, нуклеиновых кислот, нуклеопротеидов, хлорофилла, гемоглобина и др. В связи с этим значительное количество связанного азота содержится в живых организмах, «мертвой органике» и дисперсном веществе морей и океанов. Это количество оценивается примерно в $1,9 \cdot 10^{11}$ т. Сине-зеленые водоросли усваивают газообразный азот из атмосферного воздуха. Растения добывают азот из почвы в виде растворимых нитратов и соединений аммиака [Фомина, 2018, 58].

Основная часть

Основная функция и способность азота – образовывать пептидные связи и формировать все разнообразие белков, а также участвовать в составе множества биологически активных гетероциклов. Азот необходим всем живым организмам для синтеза азотсодержащих строительных блоков – аминокислот, из которых образуются белки и нуклеиновые кислоты.

Азот в виде аминогруппы $-NH_2$ входит в состав различных биополимеров, играющих огромную роль в процессах жизнедеятельности (аминокислоты, нуклеотиды, нуклеиновые кислоты).

Физиологическая роль азота в организме ассоциируется, прежде всего, с белками и аминокислотами, их метаболизмом, участием в жизненно-важных процессах и влиянием на эти процессы. Аминокислоты являются исходными соединениями при биосинтезе гормонов, витаминов, медиаторов, пигментов, пуриновых и пиримидиновых оснований и т.д. Белки в пересчете на сухой вес составляют 44% от массы тела.

Изменения в содержании белков и аминокислот, расстройства их метаболизма могут быть вызваны различными причинами. Среди этих причин – их недостаточное (или избыточное) поступление, нарушение переваривания и всасывания белка в желудочно-кишечном тракте, расстройство процессов экскреции азота и его соединений.

Интегральным показателем состояния белкового обмена является азотистый баланс, т.е. разница между количествами азота, поступающего извне и выводимого из организма за сутки. Сдвиги в обмене белков сопровождаются разнообразными клиническими проявлениями.

Известны многочисленные аминокислотопатии – последствия нарушения промежуточного обмена аминокислот (фенилаланина, лейцина, валина и др.).

В последние годы оксид азота (NO) воспринимается как один из важнейших иммунотропных медиаторов. NO синтезируется из аминокислоты L-аргинина в присутствии

фермента NO-синтетазы. Главным источником и местом образования NO в организме является эндотелий, общая масса которого в теле человека достигает 1,5 кг.

Функции оксида азота в организме весьма многообразны. NO участвует в поддержании системной и локальной гемодинамики, способствует снижению повышенного тонуса гладкой мускулатуры сосудов и обеспечивает поддержание нормального уровня артериального давления. NO выступает в роли нейротрансмиттера в желудочно-кишечном тракте, мочевыводящей и половой системе, активируя цГМФ.

При иммунном ответе NO является стимулятором фагоцитоза и киллинга внутриклеточных паразитов. При сепсисе, под влиянием цитокинов, происходит высвобождение NO в больших количествах, что способствует развитию септического шока. Оксид азота играет важнейшую роль медиатора, в патогенезе бронхиальной астмы, хронического гломерулонефрита, туберкулеза, рассеянного склероза, болезни Крона, различных опухолей, а также СПИДа [Григорьев, 2015, 678].

Благодаря способности NO инактивировать Fe-содержащие ферменты, происходит гибель внутриклеточных микроорганизмов, жизнедеятельность которых зависит от присутствия железа и других биоэлементов.

Сам по себе атмосферный азот достаточно инертен, чтобы оказывать непосредственное влияние на организм человека и млекопитающих. Тем не менее, при повышенном давлении он вызывает наркоз, опьянение или удушье (при недостатке кислорода); при быстром снижении давления азот вызывает кессонную болезнь.

Многие соединения азота очень активны и нередко токсичны.

Ряд противоположностей связан со словом азот: с одной стороны, это нежизненный газ, а с другой стороны нет жизни без азота, ибо он является неременной составной частью белков: азот дает соединения то окисленные, то восстановленные, то кислотного, то щелочного характера, причем, в отличие от других элементов, играет роль в жизни растения способность использовать в процессах синтеза разные степени окисления и восстановления, как азотная, азотистая и азотоватая кислоты, аммиак и гидроксилламин, а у низших организмов и свободный азот. С экономической стороны также азот является то самым дорогим элементом, если речь идет о минеральных удобрениях, то самым дешевым, если иметь в виду использование азота бобовых [Закись Азота, 2011, 855].

Историю вопроса об азоте нужно начинать, конечно, не с Шульца, а с Буссенго, но и это будет правильно лишь в том случае, если говорить о периоде настоящей химии, начало которой положил Лавуазье. Но на деле вопрос этот возник еще задолго до Лавуазье, во времена алхимии и агрохимии, хотя терминология в то время была совершенно иная 5 речь шла обычно о воздушном начале селитры. Предполагалось, что зародыши селитры (*germes, oeufs*) носятся в воздухе, но только в почве происходит инкубация и развитие зародышей и рождается драгоценная соль (соль земли). Уже Альберт Великий (XII столетие) в своем трактате *De mirabilibus mundi* (О чудесах света) говорит о селитре. У авторов XVI века встречаются рецепты для очищения селитры как компонента пороха, а затем ею начинают интересоваться как солью плодородия. В 1540 г. во Франции был запрещен вывоз селитры за границу, ее нужно было сдавать государству, а в 1544 г. был издан эдикт о создании 300 пунктов по добыванию селитры.

Для того же времени имеется указание, что голландские корабли привозили селитру из Индии. Путешественники сообщали, что селитра образуется в природных условиях не только в Индии, но в Америке в Китае и даже в Испании. В 1563 г. появился трактат Бернара Палисси о значении солей в земледелии *Les sels vegetatifs* способствующие росту соли, где он ставит плодородие почвы в зависимость от содержания в ней известных солей и говорит, что навоз был

бы бесполезен, если бы не содержал соли, которая остается после разложения соломы и сена, а затем один из слушателей его лекций в Париже говорит еще более определенно, что навоз содержит соль мочи и что повышение плодородия почвы зависит от образования в ней *sucs nitreux* или *la salure de nitre* соки селитры или соль (суть) селитры. Он не раз повторял тезис Палисси, что для почвы соль есть отец плодородия, но у него яснее, чем у Палиссиб видно, какой именно соли придается главное значение. Но наиболее замечательными являются в XVII веке мысли о значении азота в жизни растений и о круговороте азота в природе, высказанные Иоганном Рудольфом Глаубером. Правда, пока он не употребляет название азот, он говорит: *nitrum*.

Трудно сказать, как следует перевести это слово, но это не селитра: он редко говорит отдельно о селитре и отдельно о *nitrum*. Я бы сказал, пользуясь терминологией Синеи птицы, что *nitrum* это душа селитры, это предчувствие существования азота [Рассел, 2012, 65]. При переводе на современный язык можно было бы сказать, что *nitrum* у Глаубера иногда означает азот, а иногда ион NO₃. В своем труде *Teutschlands Wohlfahrt* Благо Германии (1656) он говорит: *Sal et nitrum est unica vegetatio, generatio omnium vegetabilium animalium, mineralium*, что буквально перевести трудно, но в модернизированном изложении это близко к утверждению, что зольные вещества (соли) и азот (или душа селитры) представляют единственную причину роста растений, если говорить только о почве.

Характерно следующее место у Глаубера: вероятно, вся селитра (или начало селитры), которой мы пользуемся, происходит из растений. Указывая, что селитра образуется на стенах конюшен и скотных дворов, он ставит вопрос: как она образуется? Очевидно, за счет мочи и экскрементов животных. Но они происходят из пищи животных, из травы или сена, словом, из растительных материалов. Следовательно, эти последние содержат начало селитры, а органы пищеварения только готовят его отщепление. Глаубер отмечает, что селитра образуется и без участия экскрементов, если смешивать с землей листья и другие материалы растительного или животного происхождения, и указывает, что это может быть использовано для промышленного добывания селитры. Дальше он говорит, что селитру (*nitrum*) можно посеять, как полевые культуры, и малым количеством фермента заразить громадное количество земли, которая не замедлит покрыться селитрой, подобно тому, как небольшое количество пивных дрожжей может вызвать брожение громадного количества теста.

Таким образом, у него есть уже понятие о каком-то сходстве процесса образования селитры с брожением. У Глаубера были некоторые представления о круговороте связанного азота. Он говорил, что начало селитры (*nitrum*) поднимается из глубин земли в царство воздуха, откуда возвращается насыщенным астральными влияниями и растворенными в воде дождя, снега и росы, чтобы дать плодородие почве. Дальше Глаубер так говорит о начале селитры: это как бы птичка без крыльев, которая летает день и ночь без отдыха, она проникает между всеми элементами и несет с собой дух жизни. От *nitrum* происходят минералы, растения и животные. Это начало никогда не погибает, оно меняет только форму: когда входит в тело животных под видом пищи, оно выходит оттуда в экскрементах и таким образом возвращается в землю, чтобы оттуда подняться частично в воздух с парами и выделениями, и вот оно снова среди элементов. Оно существует в корнях растений, и вот оно снова в пищевых веществах.

Таким образом, круговорот идет от элементов в пищевые вещества, из пищи в экскременты и оттуда снова в элементы. Глаубер советует давать селитру корням винограда, советует смачивать посевное зерно раствором селитры, чтобы увеличить урожаи. Свой гимн началу селитры Глаубер заканчивает тем, что наряду с другими эпитетами и сравнениями он ставит вопрос: может быть, это и есть азот, о котором пишут философы? Но как могло быть известно

Глауберу слово азот?

Обычно считают, что это слово ведет начало от Лавуазье и образовано из греческого слова (живу) и отрицание (*alpha privativum*). На деле же это слово гораздо старше он встречается у алхимиков, хотя и в другом смысле. Откуда же взялось это слово, которым пользовались алхимики? Оно искусственно построено так: альфа первая буква всех тогдашних алфавитов, на которых писались научные произведения (греческого, латинского и еврейского), зет последняя буква латинского алфавита, омега греческого и тов последняя буква еврейского алфавита. Из сочетания этих букв и получается слово *Azot*. Это вариант на мотив из Апокалипсиса: *Аз есмь альфа и омега, начало и конец: словом азот обозначали то неизвестное начало всех начал, то философский камень, этот чудодейственный фермент, способный превратить металлы в золото, то вообще какой-то таинственный ключ красоты, здоровья и богатства. Поэтому когда Глаубер говорил, что душа селитры и есть азот философов, то это, конечно, нельзя понимать так, что Глаубер имел в виду азот в понимании Лавуазье: это было только фигуральное сравнение, употребленное для того, чтобы подчеркнуть все значение начала селитры: однако можно думать, что и Лавуазье знал об азоте философов и только вложил в это слово конкретный смысл [Волкогон, 2013, 345].*

Нужно заметить, что в XVII веке Глаубер не был единственным автором, говорившим о значении селитры. В 1621 г. вышло сочинение врача при Людовике XIII Ги де Бросс О природе, свойствах и пользе растений (*Gui de Brosse. De la nature, de la vertu et de l'utilite des plantes*). В этой книге наряду с неопределенными утверждениями, что пищей растений являются соль, масло и *spiritus*, местами говорится о нитрозных соках почвы (*les sucs nitreux*), и выражение соль земли у него включает представление о селитре (навоз содержит соль мочи). В другом месте: Земля без соли бесполезна для плодоношения, или, вернее, соль – это отец плодородия.

Некий доктор Стубс сообщил в Лондонском королевском обществе в 1668 г. о своих наблюдениях на острове Ямайке, что на землях, содержащих селитру (*les terres nitreuses* во французском переводе), сахарный тростник растет пышнее, чем на других, что табак, выросший на таких землях, при курении издает треск: попутно он отмечает, что растения, насыщенные селитрой, плохо хранятся и легко загнивают. Очень давно еще у алхимиков существовала идея о воздушном начале селитры (*le niyre aerien*). В 1660-1669 гг. различные авторы (*Digby, Hengshaw, Veal*) говорили о присутствии начала селитры в росе и рекомендовали намачивать семена в растворе селитры.

Фрэнсис Бэкон уделял немало внимания селитре, и в своем трактате *Silva silvarum* (1626) он также называет селитру солью плодородия: и у него было понимание, что некоторая сублимная часть селитры становится существенной составной частью растения. К той же эпохе относятся весьма интересные высказывания Мэйоу, автора *Tractatus guingue medico-physici, guarum primus agit de sal-nitro et spiritu nitro-aereo* (1671) (Пять трактатов медико-физических, в первом из которых говорится о соли селитры и воздушной селитре) [Рассел, 2012, 563].

Мэйоу первый высказал определенное утверждение, что селитра состоит из кислоты и щелочи, что воздух участвует в ее образовании, давая летучую ее часть, но земля тоже тут участвует, давая нелетучую щелочь (*le sel fixe alcali* соль связывает щелось), Мэйоу изучал образование селитры в почве и показал, что ее содержится больше весной, при начале вегетации, а затем количество ее уменьшается, так как растения ее поглощают.

Роберт Бойль (1626-1691), известный химик и физик, основатель Лондонского королевского общества, посвящает селитре специальные мемуары: *A fundamental experiment made wif nitre* (Основательный опыт, проведенный с селитрой), в которых говорит, что селитра состоит из двух начал: кислотного, которое летуче и представляет род минерального уксуса, и другого

нелетучего, щелочной природы. В те же годы в Германии члены Академии любителей природы (*Academia Naturae Curiosorum*) немало занимались с селитрой, и Балдвинус (*Baldwinus*) писал, между прочим: Навоз полон началом селитры. Барбье (*Barbier*) в 1681 г. написал мемуары под заглавием *Spiritus nitro-aereo operationes in microcosmo* (Деятельность воздушной селитры в микрокосме). Джиованни (*Giovanni*) в 1685 г. представил диссертацию О брожении, воздухе и о селитре: Регис в своей Физике (*Regis*, 1691) говорит о распространенности селитры в почве и, наконец, Шталь (*Stahl*) в 1698 г. уделил распространению селитры большое внимание в своем небольшом сообщении *Opusculum chemicum*: он также говорит, что неправильно считать селитру происходящей только из земли или только из воздуха, но нужно допустить участие того и другого.

Итак, задолго до Лавуазье сложилось представление не только о значении начала селитры в жизни растений, но и об атмосферном происхождении этого начала. Когда Пристлей открыл, что воздух состоит из кислорода и какого-то остатка, не поддерживающего горение, то он сначала назвал этот остаток флогистонированным воздухом. Однако Лавуазье показал, что этот газ содержится как таковой в атмосфере, а не образуется при горении, причем главное внимание привлекла неспособность этого газа поддерживать дыхание и горение: отсюда первоначальное выражение Лавуазье *mofette, atmospherique*, т.е. миазмы, или удушливые газы, воздуха. Никакой связи с воздушным началом селитры тогда не было установлено, на первое место выступало противоположение этого газа кислороду в отношении процессов дыхания и горения: но в 1783 г. Кавендиш показал, что при пропускании электрической искры через воздух этот газ соединяется с кислородом и дает окислы азота, что привело к названию *nitrogene* (так, в сущности, найден был мостик от нежизненного азота к дающей жизнь растениям селитре).

С другой стороны, Бертоле вскоре нашел, что тот же элемент входит в состав *alcali volatil*, т.е. аммиака (а следовательно, и в состав ряда веществ животного происхождения), поэтому Фуркруа предложил термин *alcaligene*. Но в 1787 г. комиссия по химической терминологии, состоявшая из Лавуазье, Бертоле, Фуркруа и де Морво, предпочла вместо положительной характеристики нового газа отметить отрицательные его свойства и назвала его нежизненным газом или азотом (*Azote*), производя это слово от греческого слова *зоо* живу и объясняя приставку *&* как отрицание (в греческом языке, действительно, применяется так называемое *alpha privativum*).

Но нужно заметить, что законность такого словообразования вызывает сомнения, так как буквы *t* совсем нет в конце слова *зоо*, от него происходит слово *зоэ* жизнь, которое образовано без участия буквы *t*: то же относится к комбинированным терминам, как зоология, зоотехния и пр. Слово азот взято было, конечно, от алхимиков, но была сделана попытка вложить в него иной смысл. Своеобразно, что азот, получивший от Лавуазье название нежизненного газа, не сразу занял место души селитры Глаубера, которая из элементов переходит в растения, из них в тела животных и через экскременты возвращается снова в мир элементов (т.е. неорганическую природу) [Фомина, 2018, 456].

О роли души селитры в жизни растений и животных как будто иногда совсем забывали. По крайней мере, в биографии Буссенго, написанной Дегереном, приводится рассказ о том, как один путешественник наблюдал, что когда поток лавы достиг луга, покрытого пышной травой, то почувствовал ясный запах аммиака, распространившегося в воздухе, и причина этого явления ему была неизвестна. Когда путешественник обратился к Бунзену за объяснением этого факта, Бунзен ответил, что этот аммиак должен был получиться при действии расплавленной лавы на траву, так как Буссенго недавно показал, что растения содержат азот.

Заключение

Азот широко используется, главным образом, по причине того, что он не вступает в реакцию с другими газами, в отличие от кислорода, который является крайне реактивным. Из-за своего химического состава атомам азота требуется больше энергии для разрушения и взаимодействия с другими веществами. С другой стороны, молекулы кислорода легче разрываются, поэтому газ становится гораздо более реактивным. Газообразный азот обладает противоположными свойствами, обеспечивая, при необходимости, инертную среду.

Библиография

1. Азимов А. Мир азота. М.: ЕЕ Медиа, 2016. 958 с.
2. Алексейчева Е.Ю., Ганова Т.В., Зверев О.М., Гончарова В.А., Калининкова Н.Г., Ключко О.И., Крупник В.Ш., Лебедев Р.С., Ле-ван Т.Н., Мамонтов К.В., Михайлова И.Д., Нехорошева Е.В., Пучкова Н.Н., Феклин С.И., Филиппова Л.С., Хабибова А.С., Ходоренко Е.Д., Злотников И.В., Левинтов А.Е., Смоляков А.В., Меерович М.Г. Мастерская организационно-деятельностных технологий. Опыт формирования в Московском городском университете: коллективная монография. Москва-Берлин: ООО "Директмедиа Паблишинг", 2019. 573 с. ISBN: 978-5-4499-0172-9
3. Алексейчева Е.Ю. Гуманизация образования как способ создания гуманного будущего // Методология научных исследований. материалы научного семинара. / Сер. «Библиотека Мастерской оргдеятельностных технологий МГПУ». Ярославль, 2021. С. 131-135.
4. Алексейчева Е.Ю. Многомерное образование: выбор или предопределенность // Методология научных исследований. материалы научного семинара. / Сер. «Библиотека Мастерской оргдеятельностных технологий МГПУ». Ярославль, 2021. С. 201-204.
5. Волкогон В. Биологическая трансформация азота. М.: Palmarium Academic Publishing, 2013. 124 с.
6. Григорьев Н.Б. Оксид азота (NO). Новый путь к поиску лекарств. М.: Вузовская книга, 2015. 858 с.
7. Закись Азота. Руководство пользователю. М.: Легион-Автодата, 2011. 139 с.
8. Рассел Дж. Оксид азота (I). М.: VSD, 2012. 761 с.
9. Фомина М.А. Окислительная модификация белков тканей при изменении синтеза оксида азота. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2018. 114 с.
10. Ходаков Ю.С. Оксиды азота и теплоэнергетика. М.: ЭСТ-М, 2011. 418 с.

Biological role of nitrogen in nature

Aminat A. Ataeva

PhD in Biology,
Associate Professor of the Department of General and Inorganic Chemistry,
Grozny State Oil Technical University,
364024, 100, Isaeva ave., Grozny, Russian Federation;
e-mail: Ataeva_amina@mail.ru

Malika M. Vakaraeva

Associate Professor of the Department of Microbiology and Biology,
Chechen State University,
364049, 32, Sheripova str., Grozny, Russian Federation;
e-mail: mvakaraeva@mail.ru

Zhanati T. Khadisova

PhD in Chemistry, Associate Professor,
Grozny State Oil Technical University,
364024, 100, Isaeva ave., Grozny, Russian Federation;
e-mail: Janna_h@list.ru

Abstract

Nitrogen is an element necessary for the existence of animals and plants; it is part of proteins (16-18% by weight), amino acids, nucleic acids, nucleoproteins, chlorophyll, hemoglobin, etc. In this regard, a significant amount of bound nitrogen is found in living organisms, “dead organic matter” and dispersed matter of the seas and oceans. The main function and ability of nitrogen is to form peptide bonds and form a wide variety of proteins, as well as participate in many biologically active heterocycles. Nitrogen is necessary for all living organisms to synthesize nitrogen-containing building blocks, amino acids, from which proteins and nucleic acids are formed. Nitrogen is an inert gas. It is odorless, colorless and does not support life, however it is essential for plant growth and is a key additive in fertilizers. Its uses extend far beyond gardening. Nitrogen usually comes in liquid or gaseous form (however, solid nitrogen can also be obtained). Liquid nitrogen is used as a refrigerant that can quickly freeze food and medical research objects, as well as for reproductive technologies. Let's take a closer look at nitrogen gas. Nitrogen is widely used mainly because it does not react with other gases, unlike oxygen, which is highly reactive. Because of their chemical composition, nitrogen atoms require more energy to break down and react with other substances. On the other hand, oxygen molecules break apart more easily, so the gas becomes much more reactive. Nitrogen gas has the opposite properties, providing an inert environment if necessary.

For citation

Ataeva A.A., Vakaraeva M.M., Khadisova Zh.T. (2023) Biologicheskaya rol' azota v prirode [Biological role of nitrogen in nature]. *Pedagogicheskii zhurnal* [Pedagogical Journal], 13 (9A), pp. 247-255. DOI: 10.34670/AR.2023.20.38.034

Keywords

Nitrogen, living organism, nature, animals, plant, quantity.

References

1. Azimov A. (2016) *Mir azota* [The world of nitrogen]. Moscow: EE Media Publ.
2. Alekseicheva E.Yu., Ganova T.V., Zverev O.M., Goncharova V.A., Kalinnikova N.G., Klyuchko O.I., Krupnik V.Sh., Lebedev R.S., Le-van T.N., Mamontov K.V., Mikhailova I.D., Nekhorosheva E.V., Puchkova N.N., Feklin S.I., Filippova L.S., Khabibova A.S., Khodorenko E.D., Zlotnikov I.V., Levintov A.E., Smolyakov A.V., Meerovich M.G. (2019) Masterskaya organizacionno-deyatelnostnyh tekhnologij. Opyt formirovaniya v Moskovskom gorodskom universitete: kollektivnaya monografiya.[Workshop of organizational and activity technologies. The experience of formation at Moscow City University: a collective monograph]. Moscow-Berlin: Directmedia Publishing LLC, 2019. 573 p. ISBN: 978-5-4499-0172-9
3. Alekseicheva E.Yu. (2021) Gumanizaciya obrazovaniya kak sposob sozdaniya gumannogo budushchego [Humanization of education as a way to create a humane future] Metodologiya nauchnyh issledovanij. materialy nauchnogo seminar. / Ser. «Biblioteka Masterskoj orgdeyatelnostnyh tekhnologij MGPU». [Methodology of scientific research. materials of the scientific seminar. / Ser. "Library of the Workshop of organizational activity technologies of MSPU". Yaroslavl]. pp. 131-135.
4. Alekseicheva E.Yu. (2021) Mnogomernoe obrazovanie: vybor ili predopredelennost' [Multidimensional education:

-
- choice or predestination] Metodologiya nauchnyh issledovanij. materialy nauchnogo seminara. / Ser. «Biblioteka Masterskoj orgdeyatel'nostnyh tekhnologij MGPU». YAroslav' [Methodology of scientific research. materials of the scientific seminar. / Ser. "Library of the Workshop of organizational activity technologies of MSPU"]. Yaroslavl. pp. 201-204.
5. Fomina M.A. (2018) *Okislitel'naya modifikatsiya belkov tkanei pri izmenenii sinteza oksida azota* [Oxidative modification of tissue proteins during changes in nitric oxide synthesis]. Moscow: GEOTAR-Media Publ.
 6. Grigor'ev N.B. (2015) *Oksid azota (NO). Novyi put' k poisku lekarstv* [Nitric oxide (NO). A new path to drug discovery]. Moscow: Vuzovskaya kniga Publ.
 7. Khodakov Yu.S. (2011) *Oksidy azota i teploenergetika* [Nitrogen oxides and thermal power engineering]. Moscow: EST-M Publ.
 8. Russel J. (2012) *Oksid azota (I)* [Nitric oxide (I)]. Moscow: VSD Publ.
 9. Volkogon V. (2013) *Biologicheskaya transformatsiya azota* [Biological transformation of nitrogen]. Moscow: Palmarium Academic Publishing Publ.
 10. (2011) *Zakis' Azota. Rukovodstvo pol'zovatelyu* [Nitrous oxide. User's Guide]. Moscow: Legion-Avtodata Publ.