

УДК: 57.577

DOI 10.33514/1694-7851-2025-4/3-28-34

Бейшеналиева С.Т.

биология илимдеринин кандидаты, доцент

И. Арабаев атындагы Кыргыз мамлекеттик университети

Бишкек ш.

beishenalievasalkyn19@gmail.com**Туратбекова У.Т.**

магистрант

И. Арабаев атындагы Кыргыз мамлекеттик университети

Бишкек ш.

КЛЕТКАНЫН ОРГАНИКАЛЫК ЗАТТАРЫ ЖАНА АЛАРДЫН БИОЛОГИЯЛЫК МААНИСИ

Аннотация. Бул эмгекте клетканын органикалык заттарынын түзүлүшү жана биологиялык мааниси жөнүндө маалыматтар берилди. Клетка бул тирүү организмдердин структуралык жана функционалдык бирдиги. Ошондой эле клетка өз алдынча жашоого жөндөмдүү эң кичинекей бирдик. Тиричилик үчүн зарыл болгон негизги процесстер – метаболизм, өсүү жана өнүгүү клеткада жүрөт. Клетканын химиялык курамын жашоону камсыз кылган ар түрдүү органикалык заттар түзүп турат. Бул органикалык заттар көмүртек (С), кычкылтек (О), суутек (Н), азот (N), күкүрт (S) жана фосфор (P) биоэлементтеринен түзүлөт. Алар белоктор, углеводдор, нуклеин кислоталары жана майлар. Ар бири химиялык түзүлүшүнө жараша маанилүү биологиялык кызматтарды аткарышат. Белоктор куруучу, транспорттук, жыйрылуу, каталитикалык жана коргоо кызматтарын аткарат. Углеводдор эки негизги кызмат аткарат – куруучу жана энергетикалык. Нуклеин кислоталары тукум куучулук маалыматты өткөрүп берүү, ташуу жана сактоо кызматын аткарат. Майлар куруучу, коргоочу жана энергетикалык кызматтарды аткарат.

Негизги сөздөр: клетка, органикалык заттар, белок, углевод, нуклеин кислотасы, майлар.

Бейшеналиева С.Т.

кандидат биологических наук, доцент

Кыргызский государственный университет имени И. Арабаева

г. Бишкек

beishenalievasalkyn19@gmail.com**Туратбекова У.Т.**

магистрант

Кыргызский государственный университет имени И. Арабаева

г. Бишкек

ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА КЛЕТКИ И ИХ БИОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Аннотация. В данной работе представлены сведения о строении и биологическом значении органических веществ клетки. Клетка является структурно-функциональной единицей живых организмов. Клетка также является наименьшей единицей, способной к

самостоятельному существованию. Основные процессы, необходимые для жизни – обмен веществ, рост и развитие – происходят в клетке. Химический состав клетки формируется различными органическими веществами, обеспечивающими жизнь. Эти органические вещества состоят из биоэлементов: углерода (C), кислорода (O), водорода (H), азота (N), серы (S) и фосфора (P). К ним относятся белки, углеводы, нуклеиновые кислоты и жиры. Каждое из них выполняет важные биологические функции в зависимости от своей химической структуры. Белки выполняют строительную, транспортную, сократительную, каталитическую и защитную функции. Углеводы выполняют две основные функции – строительную и энергетическую. Нуклеиновые кислоты выполняют функцию передачи, транспортировки и хранения наследственной информации. Жиры выполняют строительную, защитную и энергетическую функции.

Ключевые слова: клетка, органические вещества, белок, углевод, нуклеиновая кислота, жиры.

S.T. Beishenalieva

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

Kyrgyz State University named after I. Arabaev

Bishkek c.

beishenalievasalkyn19@gmail.com

U.T. Turatbekova

master's student

Kyrgyz State University named after I. Arabaev

Bishkek c.

ORGANIC SUBSTANCES IN CELLS AND THEIR BIOLOGICAL SIGNIFICANCE

Abstract. This paper presents information on the structure and biological significance of organic substances in cells. A cell is the structural and functional unit of living organisms. A cell is also the smallest unit capable of independent existence. The main processes necessary for life – metabolism, growth and development – take place in the cell. The chemical composition of a cell is formed by various organic substances that sustain life. These organic substances consist of bioelements: carbon (C), oxygen (O), hydrogen (H), nitrogen (N), sulphur (S) and phosphorus (P). These include proteins, carbohydrates, nucleic acids and fats. Each of them performs important biological functions depending on its chemical structure. Proteins perform structural, transport, contractile, catalytic and protective functions. Carbohydrates perform two main functions: structural and energy. Nucleic acids perform the function of transmitting, transporting and storing genetic information. Fats perform structural, protective and energy functions.

Keywords: cell, organic substances, protein, carbohydrate, nucleic acid, fats.

Биологиянын бир бөлүмү цитология (грек тилинен *citos* – клетка, *logos* илим) болуп саналат. Цитология – клетканын түзүлүшүн жана химиялык курамын, клетка ичиндеги түзүлүштөрдүн кызматын, өсүп-өнүүсүн жана айлана чөйрөнүн шарттарына ыңгайланышуусун изилдөөчү биологиялык илимдердин бири. Биринчи жолу “клетка” деген терминди 1665-жылы физик Роберт Гук колдонгон. Жыгач тыгынынын ичке тилимин микроскоптун жардамы менен карап жатып Гук тыгын клеткалардан турганын көргөн. Окумуштуулар Жер бетинде биринчи клеткалар 3,5 млрд. жыл мурун, белоктордун, нуклеин

кислоталарынын ж.б. заттардын молекулаларынын кокусунан биригүүсүнөн жана ошол молекулаларды курчап кап пайда болгон деп божомолдошот.

Клетка — Жер бетиндеги жашоонун элементардык бирдиги. Ал тирүү организмдердин бардык касиеттерине ээ: өсүү, көбөйүү, айлана-чөйрө менен зат жана энергия алмашууну жүргүзөт жана тышкы дүүлүктүргүчтөргө реакция кылат. Биологиялык эволюциянын башталышы Жерде клеткалык жашоо формаларынын пайда болушу менен байланыштуу. Бир клеткалуу организмдер бири-биринен өз алдынча же көз карандысыз жашаган клеткалар. Бардык көп клеткалуу организмдер, жаныбарлар жана өсүмдүктөр –татаал организмди түзгөн көп же аз сандагы клеткалардан түзүлөт. Клетка бир бүтүн тирүү системаны – өзүнчө организмди – же жөн гана анын бир бөлүгүн билдирсе да, ал бардык клеткаларга мүнөздүү болгон белгилердин жана касиеттердин жыйындысына ээ [1, Б. 280; 2, Б. 130; 3, С.168].

Тирүү организмдерде клетканын жалпы салмагынын 98% жакынын түзгөн көмүртек, суутек, кычкылтек жана азот салыштырмалуу көбүрөөк кездешет. Биологиялык кызматтарды аткарган молекулалардын пайда болушу суутектин, кычкылтектин, көмүртектин жана азоттун химиялык касиеттеринин өзгөчөлүктөрүнө байланыштуу. Ушул төрт элемент эки атомго тиешелүү болгон электрондордун жупташуусунан абдан бекем коваленттик байланышты пайда кылууга жөндөмдүү. Коваленттик байланышкан көмүртектин атомдору көптөгөн ар түрдүү органикалык молекулалардын каркасын калыптандырууга жөндөмдүү. Көмүртектин атому кычкылтек, суутек, азот, ошондой эле күкүрт менен оңой эле коваленттик байланышты пайда кылат, натыйжада органикалык молекулалар өзгөчө татаал жана ар түрдүү түзүлүшкө ээ болот. Клеткада ушул төрт негизги биоэлементтерден тышкары дагы аз санда темир, калий, натрий, кальций, магний, хлор, фосфор жана күкүрт кармалат. Калган бардык элементтер (цинк, жез, йод, фтор, кобальт, марганец ж.б.) клеткада абдан аз санда кездешет, ошондуктан микроэлементтер деп аталат [4, С. 224].

Органикалык заттар клетканын органоиддеринде ар түрдүү катышта кармалат. Белоктор 10-20%, липиддер 1-5%, углеводдор 0,2-2,0% жана нуклеин кислоталары 0,1-0,5% чейин кармалат. Органоиддердин ар бир тиби белгилүү бир кызматтарды аткарууга адистешет жана ушул кошулмалардын туура келген тобун кармайт. Ар түрдүү органоиддерде органикалык заттардын кармалуу өзгөчөлүгү бар. Бардык эукариоттук клетканын клетка кабы эки бөлүктөн турат: мембрананын үстүндөгү полисахариддик түзүлүш (жаныбарлардын клеткасында гликокаликс, өсүмдүктөрдүн клеткасында целлюлоза); курамына кош катмар липиддер жана белоктук молекулалар кирген цитоплазмалык мембрана (плазмолемма). Гликокаликс калыңдыгы 10-20нм. Углеводдор мембраналык белоктор (гликопротеиддер), кээде липиддер менен (липопротеиддер) комплекс пайда кылат. Гликокаликстин бутактанган чыгып турган бөлүгү – клетканын индивидуалдуулугун, сырткы чөйрө менен байланышын, ткандарды пайда кылууда клеткалардын кошулуусун камсыздайт. Биомембрананын курамын белок-липиддик комплекс түзүп турат. Липиддик кош катмарга белоктор толугу менен же жарым жартылай матырылып жана үстүнкү бетинде жайгашышат. Өсүмдүктөрдүн клетка кабынын курамына целлюлоза кирет жана ага бекемдикти берип турат. Ал эми бактериялардын клетка кабынын химиялык курамы -пептидогликан. Пептидогликан (муреин, мукопептид) – углевод-белоктун аралашмасынан турган жана бактериялардын клетка кабына бекемдикти берүүчү, сырткы чөйрөнүн факторлорунун таасиринен коргоочу полимер болуп саналат. Метаболизм процессине катышуучу ферменттер лизосомаларда кармалат. Лизосома тамак сиңирүүчү ферменттер б.а. белоктор менен толгон. Митохондрия энергияны өндүрүү кызматын аткаруу үчүн көптөгөн белокторду жана липиддерди кармайт. Рибосома негизинен

РНКдан жана белоктордон турат. Гольджи комплекси белокторду жана липиддерди активдүү модифицирлейт жана синтездейт, ошондой эле гликолипиддердин жана липопротеиндердин чогулуусуна катышат.

Химиялык элементтер органикалык жана органикалык эмес заттардын курамына кирет. Органикалык эмес заттарга суу, минералдык туздар, көмүртектин оксиди, кислоталар жана негиздер кирет. Органикалык кошулмалар булар белок, нуклеин кислоталары, углеводдор жана майлар. Алардын курамына кычкылтек, суутек, көмүртек жана азоттон башка дагы элементтер кириши мүмкүн. Кээ бир белоктор күкүрттү кармап жүрөт. Нуклеин кислоталарынын курамдык бөлүгү болуп фосфор эсептелет [5, С. 704].

Белоктор. Клетканын органикалык заттарынын ичинен белоктор саны (клетканын жалпы салмагынын 10-12%) жана ошондой эле мааниси боюнча да биринчи орунда турат. Белоктор бардык органоиддердин курамына кирет. Белоктор мономерлери аминокислоталар болгон, жогорку молекулалуу полимерлер (молекулалык салмагы 6000 ден 1 млн чейин). Тирүү организмдер 20 аминокислотаны колдонушат, бирок алар андан да көп. Аминокислоталардын курамына негиздик касиетке ээ болгон аминдик топ ($-NH_2$) жана кислоталык касиетке ээ болгон ($-COOH$) карбоксилдик топ кирет. Эки аминокислота $-HN-CO-$ пептиддик байланышын түзүү жана суунун молекуласын бөлүп чыгаруу жолу менен бир молекуланы пайда кылышат. Бир аминокислотанын аминдик тобу менен экинчи аминокислотанын ортосунда пайда болгон $-HN-CO-$ байланышы пептиддик байланыш деп аталат. Белоктор ондогон жана жүздөгөн аминокислоталарды кармаган полипептиддер болуп саналат. Ар түрдүү белоктордун молекулалары бири-биринен молекулалык салмагы, аминокислотанын саны жана курамы, алардын полипептиддик чынжырда жайгашуу иреттүүлүгү менен айырмаланат [6, Б. 388].

Белгилүү ыраттуулукта пептиддик байланыш менен байланышкан аминокислоталардын чынжыры белоктордун биринчилик түзүлүш деңгээли деп аталат. Клеткада белоктор спирал сымал буралган же тоголок глобула түрүндө болот. Полипептиддик чынжыр спирал сымал болуп оролуп, $NH-$ жана $CO-$ топторунун атомдорунун ортосунда суутектик байланыш пайда болот. Спирал сымал оролгон аминокислоталардын чынжыры белоктордун экинчилик түзүлүш деңгээлин пайда кылат. Спиралдын андан ары жыйнакталуусунун негизинде белоктордун үчүнчүлүк түзүлүш деңгээли деп аталган, ар бир белок үчүн спецификалык конфигурация келип чыгат. Белоктордун үчүнчүлүк түзүлүш деңгээлин дисульфиддик ($S-S$ -байланыш) жана иондук байланыш калыптандырат. Белоктор үчүнчүлүк түзүлүш деңгээлинде гана биологиялык активдүүлүгүн көрсөтө алат.

Клеткадагы белоктордун кызматтары абдан ар түрдүү. Маанилүү кызматтарынын бири – куруучу кызматы. Белоктор бардык клеткалардын клеткалык мембранасынын жана органоиддеринин пайда болуусуна катышат. Белоктордун өзгөчө маанилүү мааниси каталитикалык ролу болуп саналат. Клеткада жүрүүчү химиялык реакцияларды ферменттер 10 жана 100 миллион эсе тездетет. Адистешкен жыйрылуучу белоктор кыймыл кызматын камсыз кылышат. Организмдер жана клеткалар жөндөмдүү болгон кыймылдын бардык түрүнө ушул белоктор катышат. Кирпиктин ирмелүүсү, жөнөкөйлүүлөрдүн шапалакчаларынын кагуусу, жаныбарлардын булчуңдарынын жыйрылуусу, өсүмдүктөрдөгү жалбырактын кыймылы. Белоктордун ташуучу кызматы химиялык элементтерди (мисалы, гемоглобин кычкылтекти кошуп алат) же биологиялык активдүү заттарды (гормондор) кошуп алуу жана аларды организмдин ткандарына же клеткаларына ташуу менен байланышкан. Коргоо кызматы организмге чоочун заттардын кирүүсүнө жооп катары, антитела деп аталган өзгөчө

белокторду синтездөө менен түшүндүрүлөт. Антитела чоочун заттарды байланыштырат жана зыянсыздандырат. Ошондой эле белоктор энергиянын булагы катары да кызмат аткарат. 1г белоктун толук ажыроосунда 17,6 кДж (~4,2 ккал) энергия бөлүнүп чыгат. Биомембранада жайгашкан белоктор сырткы чөйрөнүн факторлорунун таасири астында үчүнчүлүк түзүлүш деңгээлин өзгөртөт, ал клетканын функциялануусуна алып келет. Белок-гормондор клетканын тиричилик процесстерин жөнгө салууга катышат [7, С. 562-565; 8, С. 320].

Углеводдор. Көпчүлүк углеводдордо суутектин атому кычкылтектин атомунан эки эсе көп. Ошондуктан бул заттар углеводдор деп аталган. Клеткаларда углеводдор 1-2%дан, кээде 5%дан (боордо, булчунда) көп эмес санда кармалат. Өсүмдүк клеткалары салыштырмалуу углеводго бай, заттардын кургак салмагынын 90% чейин жетет (картофелдин түймөгү). Углеводдор химиялык курамына жараша жөнөкөй жана татаал болуп бөлүнөт. Жөнөкөй углеводдор моносахариддер деп аталат. Моносахариддердин молекуласындагы углеводдордун атомунун санына жараша триозалар, тетрозалар, пентозалар же гексозалар деп аталат. Алты көмүртектүү моносахариддердин ичинен глюкоза, фруктоза жана галактоза өзгөчө мааниге ээ. Нуклеин кислоталарынын жана АТФтин курамына рибоза жана дезоксирибоза пентозалары кирет. Эгер бир молекулага эки моносахарид биригип турса, мындай кошулма дисахариддер деп аталат. Сахароза бир молекула глюкоза жана бир молекула фруктозадан турат, сүт канти глюкоза жана галактозадан турат.

Көптөгөн моносахариддерден пайда болгон татаал углеводдор полисахариддер деп аталат. Крахмал, гликоген, целлюлоза полисахариддеринин мономерин болуп глюкоза эсептелет. Углеводдор энергетикалык, топтоочу, куруучу жана сигналдык кызматтарды аткарат. Өсүмдүк клеткасынын кабын целлюлоза пайда кылат. Клеткага келген органикалык заттар акыркы заттарга чейин ажырап энергия синтезделет. Клеткадагы энергиянын булагы болуп углеводдор эсептелет. Өсүмдүк клеткасында крахмал, ал эми жаныбарлардын клеткасында гликоген топтолот жана энергия булагынын кызматын аткарат [9, С. 3-11; 10, С.372].

Нуклеин кислоталары. Нуклеин кислоталарынын клеткадагы мааниси зор. Алардын химиялык түзүлүшүнүн өзгөчөлүгү ар бир ткандын индивидуалдык өнүгүүсүнүн белгилүү этабында синтезделүүчү белоктук молекулалардын түзүлүшү жөнүндө тукум куучулук маалыматты балалык клеткага өткөрүп берүү, ташуу жана сактоо жөндөмдүүлүгүн камсыздайт. Нуклеин кислоталарынын түзүлүшүн изилдөө организмдердеги тукум куучу белгилердин укумдан тукумга берилүүсүн жана жеке клеткалардын да, клеткалык системалардын - ткандардын жана органдардын – функциялануу мыйзам ченемдүүлүктөрүн түшүнүү үчүн абдан маанилүү. Нуклеин кислоталарынын эки тиби бар: ДНК (дезоксирибонуклеин кислотасы) жана РНК (рибонуклеин кислотасы). ДНК – эки нуклеотиддик кош чынжырдан турган полимер. ДНКнын мономерин азоттук негиздерден (аденин, тимин, гуанин, цитозин), углеводдон (дезоксирибоза) жана фосфор кислотасынын калдыгынан турган нуклеотид [11, С. 528].

ДНК молекуласындагы азоттук негиздер бири-бири менен бирдей эмес сандагы суутектик байланыш менен байланышкан жана жуп болуп жайгашышат: аденин (А) дайыма тиминдин (Т) каршысында, гуанин (Г) цитозиндин (Ц) каршысында. Нуклеотиддер бири-бири менен кокусунан байланышпайт, тескерисинче тандап байланышат. Адениндин тимин менен жана гуаниндин цитозин менен тандап өз ара аракеттенишүү жөндөмдүүлүгү комплементардуулук деп аталат. Белгилүү нуклеотиддердин комплементардуу өз ара аракеттенишүүсү, алардын молекуласындагы атомдордун мейкиндикте жайгашуу өзгөчөлүгү

менен түшүндүрүлөт. Кошуна нуклеотиддер полинуклеотиддик чынжырда бири-бири менен углевод-дезоксирибоза жана фосфор кислотасынын калдыгы аркылуу байланышышат.

РНК мономерин нуклеотид болгон, полимер. Азоттук негиздердеги 3 нуклеотид ДНКнын курамына кирген (А, Г, Ц), төртүнчүсү урацил (У) – тиминдин ордунда РНКнын молекуласында кездешет. РНКнын нуклеотиддери ДНКнын нуклеотиддеринен жана алардын курамына кирген углеводдун түзүлүшү (дезоксирибозанын ордуна рибоза) боюнча айырмаланат. РНКнын чынжырында нуклеотиддер фосфор кислотасынын калдыгы жана бир нуклеотиддин рибозасы менен коваленттик байланышты пайда кылуу жолу менен байланышат. Эки жипчелүү РНК түзүлүшү боюнча айырмаланат. Эки чынжырлуу РНК бир катар вирустардын генетикалык маалыматын сактоочу (аларда хромосоманын кызматын аткарат) болуп эсептелет. Бир чынжырлуу РНК белоктордун түзүлүшү жөнүндөгү маалыматты хромосомадан алардын синтезделүү жерине ташууну ишке ашырат жана белоктордун синтезине катышат. Бир чынжырлуу РНКнын бир нече түрү кездешет. Алардын аталышы аткарган кызматына же клеткадагы алган ордуна жараша аталган. Цитоплазмадагы РНКнын көп бөлүгүн рибосомада кармалган рибосомалык РНК (рРНК) (80-90% чейин) түзөт. рРНКнын молекуласы салыштырмалуу анча чоң эмес жана 10дой нуклеотиддерден турат. РНКнын башка түрү синтезделүүчү белоктордогу аминокислотанын тизмеги жөнүндө маалыматты рибосомага алып келүүчү матрицалык РНК (мРНК). Бул РНКнын өлчөмү алар синтезделген ДНК бөлүгүнүн узундугунан көз каранды болот. Транспорттук РНК бир нече кызматтарды аткарат. Алар аминокислоталарды белок синтезделүүчү жерге жеткирет, РНКны жана триплетти (комплементардуулук принциби боюнча) “тааныйт”. ДНК жана РНК ядродо жана митохондрияда кездешет. РНК рибосомада кармалат жана белоктун синтезине катышат [12, С. 434-449].

Майлар. Майлар үч атомдуу спирт глицерин менен жогорку молекулалуу май кислоталарынын татаал эфири болгон органикалык кошулма. Майлардын негизги кызматтарынын бири – энергетикалык. 1г майдын CO_2 и H_2O чейин ажыроо процессинде көп сандагы энергия 38,9 кДж (~9,3 ккал) бөлүнүп чыгат. Липиддердин энергетикалык эффектиси углевод жана белокторго караганда эки эсе жогору. Клеткадагы майдын кармалуусу кургак заттын салмагынын болжол менен 5-15% түзөт. Липиддер митохондрияны, эндоплазмалык торчону жана Гольджи аппаратын курчап жайгашып мембрананы түзөт. Ошондой эле клетка аралык байланышты түзүүгө катышат. Жаныбарлардагы (кээ бир өсүмдүктөрдө) майлардын маанилүү кызматы бул топтолуусу. Майлар куруучу кызматты да аткарышат, алар биомембрананын курамына кирет. Майлардын жылуулукту начар өткөрүмдүүлүгү коргоо кызматына жөндөмдүү. Стероиддик гормондор жөнгө салуу кызматын аткарышат. Липиддердин клеткадагы аткарган кызматтары – куруучу, энергетикалык, суу пайда кылуу, терморегуляция, коргоо жана структуралык болуп саналат. [13, С. 31-39; 14, С. 640].

Демек, органикалык заттар клетканын химиялык курамын гана түзпөстөн, ар бир органикалык зат химиялык түзүлүшүнө жараша уникалдуу жана алмаштырылгыс мааниге ээ. Белоктор клетканын түзүлүшүн калыптандырат жана ферментативдик кызматты аткарат, углеводдор энергиянын негизги булагы катары кызмат аткарат, липиддер биомембрананын курамына кирет жана энергияны топтоо үчүн кызмат кылат, ал эми нуклеин кислоталары генетикалык маалыматты алып жүрөт жана кийинки муунга өткөрүп берет. Клетканын органикалык заттары клетканын тиричилик процессин, өсүп-өнүгүүсүн, зат алмашуусун, энергия менен камсыз болуусун жана тукум куучулук маалыматтын кийинки муунга өткөрүп берилишин камсыздайт.

Адабияттардын тизмеси:

1. Шамбетов С.Ш., Шамбетова Г.С. Цитология. – Бишкек, – 2009, – 280 б.
2. Кырбашова М.Т., Бейшеналиева С.Т. Цитология (окуу усулдук колдонмо). – Бишкек, –2025, – 130б.
3. Быков В.Л. Цитология и общая гистология. – СПб.: СОТИС, – 2012, – 168 с.
4. Под редакцией Баринаова Э.Ф. Цитология и общая эмбриология. -Киев, – 2010, – 224с.
5. Общая биология. Учебник/ Под ред. Константинова В.М. – М. Academia, 2018. – 704с.
6. Курманбекова Г.Т., Бейшеналиева С.Т. Биохимия. ЖОЖ студенттери үчүн окуу китеби. –Бишкек. – 2018, – 388 б.
7. Какаджанова К.К., Юсубов Д., Матиев Д. Основа биологической жизни или о структурной организации и функции белков. /Международный научный журнал Вестник Науки. – 2024, – №4 (73) Том 1. – С. 562-565.
8. Альбертс Б., Брей Д., Льюис Дж. Молекулярная биология клетки. – 1994, – М.Мир, –320с.
9. Елинов Н.П. Роль углеводов в структуре и функциональной активности клеток патогенных и условнопатогенных грибов./ Проблемные статьи и обзоры. – 2007, – С. 3.- 11.
10. Кочетков Н.К. Химия углеводов. /– М.:Химия, – 1999, 372 с.
11. Березов Т.Т., Коровкин Б.Ф. Биологическая химия / – М.: Медицина, 2004. – 528 с.
12. Чесноков Ю.В. Взаимодействие нуклеиновых кислот с молекулами воды, белков и интеркаляторов (обзор). / Сельскохозяйственная биология, – 2021, Том 56, №3,– -С. 434-449.
13. Каменчук А.И. Липиды: строение и функции мембранных липидов. /Перспективы развития науки в современном мире. Сб.тр. по материл. IX Всероссийского конкурса научно-исследовательских работ. – Уфа, – 2022, – С. 31-39.
14. Шведова В.Н. Биохимия. /– М., Дрофа, – 2008, – 640 с.
15. <https://elibrary.ru/item.asp?id=69034691>

Рецензент: педагогика илимдеринин кандидаты, доцент Кырбашова М.Т.