

Г. Серібекқызы\*, Б.К. Есимов

Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

\*e-mail: gulzynat@mail.ru

## ТОПЫРАҚТЫҢ ФИЗИКО-ХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНІҢ ТОПЫРАҚ ОМЫРТҚАСЫЗДАРЫНЫҢ БИОАЛУАНТҮРЛІЛІГІ МЕН ТАРАЛУЫНА ӘСЕРІ

Топырақ омыртқасыздары жоғары экологиялық және түрлік алуантүрлілігіне, топырақпен тығыз байланысына, жоғары сезімталдыққа және қоршаған орта параметрлерінің өзгеруіне тез жауап беруіне байланысты қоршаған ортаның өзгеруін сипаттайтын биоиндикатор болып табылады. Бұл мақалада Іле Алатауы бөктеріндегі биогеоценоздарда 2018-2020 жылдар аралығында жүргізілген зерттеу жұмысының нәтижелері көрсетілген. Әртүрлі биогеоценоздардағы жауын құрттарының таралуы мен түрлік құрамына әсер етуші параметрлер: топырақ ылғалдылығы, органикалық заттардың көрсеткіші мен ортаның рН әсері анықталды. Lumbricidae тұқымдасы барлық биогеоценоздарда кеңінен таралған, басымдылық көрсетуі жайылмалы шалғын биоценозында байқалды. Бұл биогеоценоздың топырақтарындағы қарашірік мөлшері  $3,26 \pm 0,30$  %, ал ылғалдылығы  $14,56 \pm 2,58$  %-ды құрайды. Зерттеу барысында Lumbricidae тұқымдасы құрттарының 5 туысқа жататын 8 түрі анықталды: *Octolasion lacteum*, *Eisenia foetida*, *Eisenia nordenskioldi*, *Nicodrilus caliginosus*, *Nicodrilus longus*, *Lumbricus rubellus*, *Lumbricus terrestris*, *Dendrobaena octaedra*. Топырақтағы омыртқасыз жануарлар топтарының арақатынасы маусым бойы өзгеріп отырады. Жауын құрттары биогеоценоздардың топырақтарында маусымнан қыркүйек айларына дейін кездеседі. Қоршаған орта жағдайының өзгеруі топырақ мезофаунасының тек таралуы мен алуантүрлілігіне ғана емес, сонымен қатар, олардың маусымдық динамикасына да ықпал етеді.

**Түйін сөздер:** топырақ мезофаунасы, жауын құрты, Іле Алатау бөктері, биогеоценоз, физико-химиялық көрсеткіштер.

G. Seribekkyzy\*, B.K. Esimov

Abai Kazakh National Pedagogical University, Kazakhstan, Almaty

\*e-mail: gulzynat@mail.ru

### Effects of soil physicochemical properties on biodiversity and distribution of soil invertebrates

Soil invertebrates are bioindicators that characterize environmental changes due to high ecological and species diversity, close contact with the soil, high sensitivity and rapid response to changes in environmental parameters. This article presents the results of studies conducted in the biogeocenoses of the foothills of the beyond Ile Alatau in the period from 2018 to 2020. The parameters that affect the distribution and species composition of earthworms in various biogeocenoses are determined: soil moisture, organic matter index and pH of the environment. The family Lumbricidae is widely distributed in all biocenoses, although the predominant distribution is in the floodplain meadow. The humus content in the soils of this biocenosis is  $3.26 \pm 0.30\%$ , and the humidity is  $14.56 \pm 2.58\%$ . As a result of the study, 8 species of earthworms of the family Lumbricidae were identified, belonging to 5 genera: *Octolasion lacteum*, *Eisenia foetida*, *Eisenia nordenskioldi*, *Nicodrilus caliginosus*, *Nicodrilus longus*, *Lumbricus rubellus*, *Lumbricus terrestris*, *Dendrobaena octaedra*. The ratio of invertebrate groups in the soil varies throughout the season. Earthworms are found in the soils of biogeocenoses from June to September. Changes in environmental conditions contribute not only to the distribution and diversity of soil mesofauna, but also to their seasonal dynamics.

**Key words:** soil mesofauna, earthworm, foothills of the beyond Ile Alatau, biogeocenosis, physical and chemical parameters.

Г. Серибеккызы\*, Б.К. Есимов

Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Казахстан, г. Алматы

\*e-mail: gulzynat@mail.ru

### Воздействие физико-химических свойств почвы на биоразнообразие и распределение почвенных беспозвоночных

Почвенные беспозвоночные являются биоиндикаторами, характеризующими изменения окружающей среды за счет высокого экологического и видового разнообразия, тесного контакта с почвой, высокой чувствительности и быстрой реакции на изменение параметров окружающей среды. В данной статье представлены результаты исследований, проведенных в биогеоценозах предгорий Заилийского Алатау в период с 2018 по 2020 год. Определены параметры, влияющие на распределение и видовой состав дождевых червей в различных биогеоценозах: влажность почвы, показатель органического вещества и влияние pH среды. Семейство Lumbricidae широко распространено во всех биоценозах, хотя преобладает распространение в пойменном луге. Содержание гумуса в почвах этого биоценоза составляет  $3,26 \pm 0,30\%$ , а влажность –  $14,56 \pm 2,58\%$ . В ходе исследования было выявлено 8 видов червей семейства Lumbricidae, относящихся к 5 родам: *Octolasion lacteum*, *Eisenia foetida*, *Eisenia nordenskioldi*, *Nicodrilus caliginosus*, *Nicodrilus longus*, *Lumbricus rubellus*, *Lumbricus terrestris*, *Dendrobaena octaedra*. Соотношение групп беспозвоночных животных в почве меняется в течение всего сезона. Дождевые черви встречаются в почвах биогеоценозов с июня по сентябрь. Изменение условий окружающей среды способствует не только распространению и разнообразию почвенной мезофауны, но и их сезонной динамике.

**Ключевые слова:** почвенная мезофауна, дождевой червь, предгорья Заилийского Алатау, биогеоценоз, физико-химические параметры.

#### Қысқартулар

ААҚОҒЗИ – ауылшаруашылығына агро-химиялық қызмет көрсетудің орталық ғылыми-зерттеу институты; ҚР БҒМ – Қазақстан Республикасының Білім және ғылым министрлігі.

#### Кіріспе

Топырақ омыртқасыздары – көптеген биогеоценоздардың маңызды компоненттерінің бірі. Барлық экожүйелерде заттар мен энергия ағындарының көп бөлігі осы қауымдастықтар арқылы өтеді [1]. Топырақ жануарларының қызметі топырақ профилінің морфологиясын, топырақтың физико-химиялық қасиеттерін және зат айналым жылдамдығын анықтайды. Топырақ фаунасы топырақтың барлық қасиеттеріне, ең алдымен, оның құнарлылығына әсер етеді [2].

А.Н. Тихонов пен К.В. Дороховтың мәліметтері бойынша, педобионттар өсімдік қалдықтарының ыдырауында, органикалық материалдың өзгеруінде, қарашірік горизонтының қалыптасуында және топырақ құрылымын жақсартуда, биогендік элементтердің циклінде және топырақ биотасының гомеостазын сақтауда маңызды рөл атқарады [3]. Топырақ мекендеушілерінің жиынтығы туралы мәліметтер әртүрлі факторлардың әсерінен қауымдастық құрылымының өзгеру бағыты мен

тенденцияларының қосымша өлшемі бола алады [4,5].

Интакты табиғи экожүйелерде топырақ мезофаунасының көптігі келесідей биотикалық факторлармен анықталады: бәсекелестік және трофикалық байланыстар. Д.В. Зейферт топырақ мезофаунасындағы топтардың бірдей фактордың әсеріне функционалды реакциясы, негізінен, тіршілік ету ортасының экологиялық жағдайларына байланысты екендігін атап көрсеткен. Қоршаған орта жағдайларының біртіндеп өзгеруімен, мысалы, өсімдіктердің өзгеруі, ылғалдылықтың немесе топырақтың құнарлылығы жоғарылауы (немесе азаюы) сынды факторлар әсерінен тірі организмдердің құрамы мен экожүйенің өнімділігі өзгереді, біртіндеп кейбір түрлердің рөлі төмендейді, ал басқалары көбейеді, кейбір түрлер экожүйеден шығарылады немесе, керісінше, оны толықтып отырады [6-12].

Өсімдіктердің өзгеруі экожүйеге кіретін жануарлар түрлерінің, ең алдымен бастапқы тұтынушылардың, содан кейін қоректік тізбектің келесі деңгейіндегі тұтынушылардың өзгеруімен бірге жүреді [7]. Топырақ фаунасының құрамы, оның жеке компоненттерінің саны мен арақатынасы топырақ түзілу процесінің барысын анықтайды және топырақ қасиеттерінің көрсеткіші болып табылады. Өсімдік қалдықтарының ыдырауында және

топырақ профилінің қалыптасуында кішкентай артроподтардың рөлі біртіндеп төмендеп, ірі омыртқасыздар – сапрофагтардың (энхитрид, жауын құрты, жәндіктердің личинкалары) қатысуы артады. Бұл ресурстарды неғұрлым толық пайдалануға және экожүйенің тұрақтылығын арттыруға әкеледі [13-18].

Топырақ омыртқасыздары жоғары экологиялық және түрлік алуантүрлілігіне, топырақпен тығыз байланысына, төмен миграциялық белсенділігіне, жоғары сезімталдыққа және қоршаған орта параметрлерінің өзгеруіне тез жауап беруіне байланысты қоршаған ортаның өзгеруін сипаттайтын индикатор болып табылады [19, 20]. Сондықтан, педобионт қауымдастықтарының құрылымы мен динамикасын зерттеу қазіргі экологияның өзекті мәселелерінің бірі болып есептеледі.

Топырақ жануарларының жағдайын анықтаушы негізгі көрсеткіштер: түрлердің әртүрлілігі, тығыздығы, кеңістікте таралуы және трофикалық құрылымы [21,22].

Зерттеу жұмыстары 2018-2020 жылдар аралығында ҚР БҒМ Зоология институтының зертханасында жүргізілді. Жұмыстың мақсаты – жауын құрттарының әртүрлі биогеоценоздарда таралуы мен олардың алуантүрлілігін анықтау.

### Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеу объектісі ретінде жауын құрттары таңдалды. Қазба жұмыстары люмбрицидтер санының маусымдық өзгерісін зерттеу үшін бір маусымда үш рет жүргізілді. Топырақтық-зоологиялық зерттеулер жүргізу үшін Іле Алатауының бөктеріндегі биогеоценоздардың келесі түрлері таңдалды: жайылмалы шалғын, құрғақ шалғын және бозды-бетегелі шалғын.

Әрбір аймақта маусым, шілде, тамыз айларында 30x30 өлшемді сынамалық алаң қазылды. Топырақ мезофаунасын зерттеу барысында

топырақтық-зоологиялық зерттеулерде жалпы қабылданған әдістер қолданылды [23]. Топырақ сынама-сынан омыртқасыздарды жинау кезінде олардың жақсы бекітілуін қамтамасыз ететіндей етіп алынды (Гиляров, 1985; Стриганова, 1987) [24]. Жауын құрттары әлсіз (0,5%) формалин ерітіндісімен бекітілді. Барлық материалға қазба күні, сынама алынған жер атауы, аймақтың сипаттамасы, сынама нөмірі белгіленіп отырды. Люмбрицидтердің түрлік құрамын анықтау үшін Т.С. Всеволодова-Перель, Б. Матвееваның анықтағыш кестелері қолданылды [25].

Зерттеу аймағындағы топырақ ылғалдылығы тура әдіс арқылы анықталды. Бұл әдіс топырақ ылғалдылығын далалық жағдайда зерттеудің классикалық түрі. Әдістің негізінде топырақ үлгісін кептіру арқылы, оның құрамындағы су мөлшерін анықтау жатыр. Топырақтағы қарашірік мөлшері М.С. Гиляровтың әдісі бойынша, ал қышқылдығын анықтау ААҚОҒЗИ ұсынған әдіспен жүргізілді. Топырақтың рН-ын зерттеу әдісінің мәні – топырақтан алмасу катиондарын, нитраттарды және жылжымалы күкіртті 1 моль/дм<sup>3</sup> концентрациядағы калий хлоридінің ерітіндісімен алу (топырақ пен ерітінді қатынасы 1: 2,5) және шыны электродты қолдана отырып, рН-ты потенциометриялық зерттеу болып табылады [23].

### Зерттеу нәтижелері мен оларды талдау

Топырақ мезофаунасын зерттеумен қатар, олардың физико-химиялық қасиеттерін зерттеу үшін типтік сынақ учаскелерінен топырақ үлгілері алынды. Бұл деректер кейіннен топырақ жағдайларының жауын құрттарының таралуына әсерін талдау үшін пайдаланылды. Зерттеу аймақтарының топырағының физико-химиялық қасиеттерін сипаттау кезінде оның қарашірік, рН және ылғалдылығы сияқты параметрлері зерттелді. Зерттеу нәтижелері 1-кестеде көрсетілген.

1-кесте – Зерттеу аймақтарындағы топырақтардың физико-химиялық көрсеткіштері

Зерттеу аймағы	Органикалық заттың массалық үлесі (гумус), %	Қышқылдығы, рН бірл.	Ылғалдылығы, %
Жайылмалы шалғын	3,26±0,30	5,7±0,20	14,56±2,58
Бозды-бетегелі шалғын	3,18±0,30	4,1±0,21	12,09±1,40
Құрғақ шалғын	3,09±0,30	3,9±0,19	9,04±0,09

Барлық жерде Lumbricidae тұқымдасы басым таралған, бірақ анықталған түрлердің жалпы санының пайызы әртүрлі. Фондық және әлсіз бұзылған биогеоценоздарда жауын құрттары орта есеппен 64,6% құрайды, ал бұзылған аймақтарда 55,2% люмбрицидтер байқалды. Фондық биоценоздар топырағындағы органикалық заттардың массалық үлесі 3,09-дан 3,26%-ға дейін. Сонымен қатар, жайылмалы шалғын биоценозында люмбрицидтер басым, олардың кездесуі 80% құрады. Бұл биогеоценоздың топырақтарындағы қарашірік мөлшері  $3,26 \pm 0,30$  %, ылғалдылығы  $14,56 \pm 2,58$  %, бұл зерттелген биогеоценоздардың ішіндегі ең жоғарғы көрсеткіш. Әр түрлі жем-шөп дақылдары тұрақты өсірілетін биотоп шеңберіндегі люмбрицидтердің жоғары пайыздық көрсеткіші есебінен, бұзылған биоценоздарда да жауын құрттары басым топ болып қала береді. Осы биоценоздардың топырақтарын зерттеу кезінде қарашірік пен ылғалдылықтың жоғары көрсеткіштері байқалды.

Зерттеу барысында Lumbricidae тұқымдасы құрттарының 5 туысқа жататын келесі 8 түрі анықталды: *Octolasion lacteum*, *Eisenia foetida*, *Eisenia nordenskioldi*, *Nicodrilus caliginosus*, *Nicodrilus longus*, *Lumbricus rubellus*, *Lumbricus terrestris*, *Dendrobaena octaedra*. Топырақтың ең көп қоныстанған горизонты 5-15 см-ге дейінгі аралық.

Ең кең таралған түрі – *Lumbricus rubellus*, оның ұзындығы 50 – 150 мм-ге дейін, ені 4-6 мм-ге жетуі мүмкін. Дорсальды жағындағы пигментациясы күлгін, денесінің алдыңғы бөлігі қатты пигменттелген, ал каудальды ұшы тегістелген (1 а-сурет). Бұл жауын құрты ылғалды, қарашірікке бай топырақты жақсы көретін түрі. *Lumbricus rubellus* 5 см тереңдікте кездесті.

*Lumbricus* туысынан анықталған тағы екінші түр – *Lumbricus terrestris*. Дене ұзындығы 12-30 см-ге дейін, денесінің алдыңғы бөлігі қызыл, артқы жағы бозғылт (1 б-сурет). Ол топырақтың терең қабаттарында тіршілік етеді. Бұл түр қарашірікке бай топырақты жақсы көреді [26].



1-сурет – Зерттеу барысында анықталған *Lumbricus* туысының түрлері:  
а – *L. rubellus*; б – *L. terrestris*

Жауын құртының келесі түрі – *Nicodrilus caliginosus*. Ол қолайсыз жағдайларда топырақтың терең қабаттарына жетіп, анабиоз жағдайында болуына байланысты барлық топырақ түрлерінде көп мөлшерде табылды. *Nicodrilus caliginosus* көбінесе құрғақ дала аймағын мекендейді [2].

*Eisenia* туысынан анықталған түр – ұзындығы 40-130 мм, ені 2-4 мм-ге жететін *Eisenia foetida* және *Eisenia nordenskioldi* топырақтық-төсеніш түрлеріне жатады. Саны бойынша *Eisenia foetida* басым. Ол 10-15 см тереңдікке дейін таралған, бұл түр жоғары құнарлылық пен төзімділігімен сипатталады, әртүрлі экологиялық жағдайларға оңай бейімделеді.

*Octolasion lacteum*-нің кездесу жиілігі өте төмен, оның ұзындығы 30-180 мм-ге жетеді, ал қалыңдығы 2-8 мм. Бұл түрдің, негізінен, пигменті жоқ, көбінесе көкшіл реңкті ашық сұр түрлерін байқауға болады. *Octolasion lacteum* батпақты топырақтарда және ұзақ кезеңдегі оттегі жетіспеушілігінде өмір сүруге қабілетті [27]. Бұл түрдің кездесуі өте сирек, тек ылғалдылығы салыстымалы жоғары топырақтарда тіршілік етеді.

*Dendrobaena* туысынан ұзындығы 25-40 мм және қалыңдығы 2-4 мм, металл жылтырлы көкшіл пигменті бар *Dendrobaena octaedra* түрі табылды. *Dendrobaena octaedra* – бұл әдеттегі

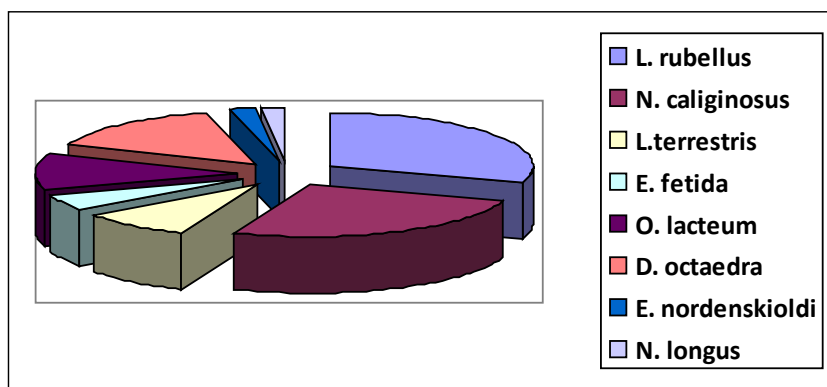
орман түрі. Олар негізінен үйеңкі екпелерінің топырағында, 2 см тереңдіктегі топырақтың беткі қабаттарында таралған. Lumbricidae тұқымдасынан анықталған түрлердің әртүрлі биогеоценоздарда көрініс беруі 2-кестеде көрсетілген.

Топырақтағы омыртқасыз жануарлар қауымдастығындағы топтардың арақатынасы маусым

бойы өзгеріп отырады. Біздің зерттеуімізде жауын құрттары биогеоценоздардың топырақтарында маусымнан қыркүйекке дейін анықталды. Ең жоғары жиілікте табылған түрлер – *Lumbricus rubellus* пен *Nicodrilus caliginosus*. Сонымен қатар, *Eisenia nordenskioldi*, *Nicodrilus longus* сияқты сирек кездесетін түрлері де байқалды (2-сурет).

2-кесте – Әртүрлі биогеоценоздардағы жауын құрттарының таралуы

Туыс	Түр	Жайылмалы шалғын	Құрғақ шалғын	Бозды-бетегелі шалғын
<i>Lumbricus</i>	<i>L. rubellus</i>	+	+	+
	<i>L. terrestris</i>		+	
<i>Nicodrilus</i>	<i>N. caliginosus</i>	+	+	+
	<i>N. longus</i>		+	
<i>Eisenia</i>	<i>E. nordenskioldi</i>	+		
	<i>E. fetida</i>	+		
<i>Octolasion</i>	<i>O. lacteum</i>			+
<i>Dendrobaena</i>	<i>D. octaedra</i>	+		



2-сурет – Lumbricidae тұқымдасы түрлерінің кездесу жиілігі

Люмбрицидтердің таралуына топырақтың физико-химиялық көрсеткіштері тікелей әсер етеді. Топырақ ылғалдығы оптималды, органикалық заттары мол, қышқыдығы төмен орта жауын құрттарының тіршілік етуіне ең қолайлы жағдай болып табылады.

### Қорытынды

Топырақ түзілу процесінде жауын құрттары үлкен рөл атқарады. Бұл жұмыста Іле Алатауы бөктеріндегі люмбрицидтердің таралуы және олардың алуантүрлілігін зерттеу нәтижелері ұсынылған. Жауын құрттарының таралуы мен түрлік құрамына әсер етуші параметрлердің:

топырақ ылғалдылығы, органикалық заттардың көрсеткіші мен ортаның pH әсері анықталды. Lumbricidae тұқымдасы барлық биоценоздарда кеңінен таралғанымен, жайылмалы шалғын биогеоценозында басымдылық танытты. Бұл биогеоценоздың топырақтарындағы қарашірік мөлшері  $3,26 \pm 0,30$  %, ал ылғалдылығы  $14,56 \pm 2,58$  %-ды құрады. Зерттеу барысында Lumbricidae тұқымдасы құрттарының 5 туысқа жататын 8 түрі анықталды: *Octolasion lacteum*, *Eisenia foetida*, *Eisenia nordenskioldi*, *Nicodrilus caliginosus*, *Nicodrilus longus*, *Lumbricus rubellus*, *Lumbricus terrestris*, *Dendrobaena octaedra*. Топырақтағы омыртқасыз жануарлар топтарының ара қатынасы маусым бойы өзгеріп отырады. Жауын құрттары

биогеоценоздардың топырақтарында маусымнан қыркүйек айларына дейін кездесті. Қоршаған орта жағдайының өзгеруі топырақ мезофаунасының тек таралуы мен алуантүрлілігіне ғана емес, сонымен қатар, олардың маусымдық динамикасына да әсер етеді.

### Әдебиеттер

- 1 Дмитриенко В.К. Зоология беспозвоночных / Г.Н. Скопцова, Е.В. Борисова. – Красноярск: КГУ, 2000. – 107 с.
- 2 Самедов П.А. Влияние дождевых червей и мокриц на физико-химические и поверхностные свойства почв // Почвоведение. – 1989. – № 8. – С. 109-115.
- 3 Курчева Г.Ф. Роль почвенных животных в разложении и гумификации растительных остатков. – М.: Наука, 1971. – 155 с.
- 4 Chauvat M., Ponge J.F., Wolters V. Humus structure during a spruce forest rotation: quantitative changes and relationship to soil biota // *European Journal of Soil Science*. – 2007. – Vol. 58. – P. 625 – 631.
- 5 Amosse J., Dozsa-Farkas K., Boros G., Rochat G., Sandoz G., Fournier B., et al. Patterns of earthworm, enchytraeid and nematode diversity and community structure in urban soils of different ages // *European journal of soil biology*. – 2016. – Vol. 73. – P. 46–58.
- 6 Кривоулицкий Д.А. Почвенная фауна в экологическом контроле. – М.: Наука, 1994. – 269 с.
- 7 Lavelle P., Decaens T., Aubert M., Barot S., Blouin M., F.Bureau, et al. Soil invertebrates and ecosystem services // *European journal of soil biology*. – 2006. – Vol. 42 (1). – P. 3-15.
- 8 Hale C.M. Evidence for human-mediated dispersal of exotic earthworms: support for exploring strategies to limit further spread // *Mol. Ecol.* – 2008. – Vol. 17. – P. 1165–1167.
- 9 Jouquet P., Dauber J., Lagerlof J., Lavelle P., Lepage M. Soil invertebrates as ecosystem engineers: Intended and accidental effects on soil and feedback loops // *Applied Soil Ecology*. – 2006. – Vol. 32 (2). – P.153-164.
- 10 Lavelle P. et al. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers // *European journal of soil biology*. – 1997. – Vol. 33. – P. 159–193.
- 11 Deyn D., Raaijmakers G. B., Zoomer C. E., et. al. Soil invertebrate fauna enhances grassland succession and diversity // *Nature*. – 2003. – Vol. 422. – P. 708-711.
- 12 Козловская Л.С. Роль беспозвоночных в транспорте органического вещества болотных почв. – М.: Наука, 1976. – 214 с.
- 13 Гончаров А.А. Структура трофических ниш в сообществах почвенных беспозвоночных лесных экосистем. – М.: Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, 2014. – 14 с.
- 14 Курчева Г.Ф. Роль почвенных животных в разложении и гумификации растительных остатков. – М.: Наука, 1971. – 154 с.
- 15 Joimel S., Cortet J., Jolivet C.C., Saby N.P., et al. Physico-chemical characteristics of topsoil for contrasted forest, agricultural, urban and industrial land uses in France // *Sci. Total Environ.* – 2016. – Vol. 545. – P.40–47.
- 16 Berthrong, S.T., Jobbagy E.G. A global meta-analysis of soil exchangeable cations, pH, carbon, and nitrogen with afforestation // *Ecological Applications*. – 2009. – Vol. 19. – P.2228–2241.
- 17 Jones E.L., Leather S.R. Invertebrates in urban areas: a review // *EJE*. – 2013. – Vol.109. – P.463–478.
- 18 Lavelle P. et al. Soil invertebrates and ecosystem services // *European journal of soil biology*. – 2006. – Vol. 42. – P. 3–15.
- 19 Бабенко А.С. Почвенные беспозвоночные как индикаторы состояния территории. – Томск, 2013. – 40 с.
- 20 Santorufu L., Gestel V., Rocco A., Maisto G. Soil invertebrates as bioindicators of urban soil quality // *Environ. Pollut.* – 2012. – Vol. 161. – P. 57–63.
- 21 Гельцер Ю.Г., Комовникова Т.Н. Биологическая активность лесных почв // Генезис и экология почв Центрально-лесного государственного заповедника. – М.: Наука, 1979. – С. 172 – 196.
- 22 Соколова Т.Л. Диагностические возможности почвенной мезофауны // *Вестник Костромской государственной университет им. Н.А. Некрасова*. – 2010. – №3. – С. 13-14.
- 23 Гиляров М.С. Зоологический метод диагностики почв. – М.: Наука, 1985. – 277 с.
- 24 Гиляров М.С. Роль почвенных животных в разложении растительных остатков и круговороте веществ / М.С. Гиляров, Б.Р. Стриганова // *Итоги науки и техники. Зоология беспозвоночных*. – М.: ВИНТИ, 1978. – Т. 5. – С. 69.
- 25 Матвеева Д.Г. Дождевые черви семейства Lumbricidae Московской области. – В кн.: *Почвенные беспозвоночные Московской области / Д.Г. Матвеева, Т.С. Перель*. – М.: Наука, 1982. – С. 133-143.
- 26 Чекановская О.В. Дождевые черви и почвообразование. – М.: Наука, 1960. – 208 с.
- 27 Smetak, K. M., Johnson-Maynard J.L., Lloyd, J.E. Earthworm population density and diversity in different-aged urban systems // *Appl. Soil Ecol.* – 2007. – Vol. 37. – P. 161–168.

### References

- 1 Dmitrienko V.K. (2000) Zoologija bespozvonochnyh. G.N. Skopcova, E.V. Borisova. Krasnojarsk: KGU, 2000. pp. 107.
- 2 Samedov P.A. (1989) Vlijanie dozhdevykh chervej i mokric na fiziko-himicheskie i poverhnostnye svojstva pochv. *Pochvovedenie*. vol. 8, pp. 109-115.

- 3 Kurcheva G.F. (1971) Rol' pochvennyh zhivotnyh v razlozhenii i gumifikacii rastitel'nyh ostatkov. Moskva: Nauka, pp. 155.
- 4 Chauvat M., Ponge J.F., Wolters V. (2007) Humus structure during a spruce forest rotation: quantitative changes and relationship to soil biota. *European Journal of Soil Science*, vol.58, pp. 625 – 631.
- 5 Amosse J., Dozsa-Farkas K., Boros G., Rochat G., Sandoz G., Fournier B., et al. (2016) Patterns of earthworm, enchytraeid and nematode diversity and community structure in urban soils of different ages. *European journal of soil biology*, vol. 73, pp. 46–58.
- 6 Krivoluckij D.A. (1994) Pochvennaja fauna v jekologicheskom kontrole. Moskva: Nauka, 1994, pp. 269.
- 7 Lavelle P., Decaens T., Aubert M., Barot S., Blouin M., F.Bureau, et al. (2006) Soil invertebrates and ecosystem service. *European journal of soil biology*, vol. 42, no.1, pp. 3-15.
- 8 Hale C.M. (2008) Evidence for human-mediated dispersal of exotic earthworms: support for exploring strategies to limit further spread. *Mol. Ecol.*, vol. 17, pp. 1165–1167.
- 9 Jouquet P., Dauber J., Lagerlof J., Lavelle P., Lepage M. (2006) Soil invertebrates as ecosystem engineers: Intended and accidental effects on soil and feedback loops. *Applied Soil Ecology*, vol. 32, no.2, pp.153-164.
- 10 Lavelle P. et al. (1997) Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. *European journal of soil biology*, vol. 33, pp. 159–193.
- 11 Deyn D., Raaijmakers G. B., Zoomer C. E., et. al. (2003) Soil invertebrate fauna enhances grassland succession and diversity. *Nature*, vol. 422. pp. 708-711.
- 12 Kozlovskaja L.S. (1976) Rol' bespozvonochnyh v transporte organicheskogo veshhestva bolotnyh pochv. Moskva: Nauka, 1976, pp. 214 .
- 13 Goncharov A.A. (2014) Struktura troficheskikh nish v soobshhestvah pochvennyh bespozvonochnyh lesnyh jekosistem. Moskva: Institut problem jekologii i jevoljucii im. A.N. Severtcova RAN, pp. 14.
- 14 Kurcheva G.F. (1971) Rol' pochvennyh zhivotnyh v razlozhenii i gumifikacii rastitel'nyh ostatkov. M.: Nauka, pp. 154
- 15 Joimel S., Cortet J., Jolivet C.C., Saby N.P., et al. (2016) Physico-chemical characteristics of topsoil for contrasted forest, agricultural, urban and industrial land uses in France. *Sci. Total Environ.*, vol. 545, pp. 40–47.
- 16 Berthrong, S.T., Jobbagy E.G. (2009) A global meta-analysis of soil exchangeable cations, pH, carbon, and nitrogen with afforestation. *Ecological Applications*, vol. 19, pp. 2228–2241.
- 17 Jones E.L., Leather S.R. (2013) Invertebrates in urban areas: a review. *EJE*, vol.109, pp. 463–478.
- 18 Lavelle P. et al. (2006) Soil invertebrates and ecosystem services. *European journal of soil biology*, vol. 42, pp. 3–15.
- 19 Babenko A.S. (2013) Pochvennye bespozvonochnye kak indikatory sostojanija territorii. Tomsk, pp. 40.
- 20 Santorufo L., Gestel V., , Rocco A., Maisto G. (2013) Soil invertebrates as bioindicators of urban soil quality. *Environ. Pollut.*, vol. 161, pp. 57–63.
- 21 Gel'cer Ju.G., Komovnikova T.N. (1979) Biologicheskaja aktivnost' lesnyh pochv. Genezis i jekologija pochv Central'no-lesnogo gosudarstvennogo zapovednika. M.: Nauka, pp. 172 – 196.
- 22 Sokolova T.L. (2010) Diagnosticheskie vozmozhnosti pochvennoj mezofauny. *Vestnik Kostromskoj gosudarstvennyj universitet im.N.A. Nekrasova*, no.3, pp. 13-14.
- 23 Giljarov M.S. (1985) Zoologicheskij metod diagnostiki pochv. Moskva: Nauka, pp. 277.
- 24 Giljarov M.S. (1978) Rol' pochvennyh zhivotnyh v razlozhenii rastitel'nyh ostatkov i krugovorote veshhestv. M.S. Giljarov, B.R. Striganova. *Itogi nauki i tehniki. Zoologija bespozvonochnyh*. M.: VINITI, no. 5, pp. 69.
- 25 Matveeva D.G. (1982) Dozhdevye chervi semejstva Lumbricidae Moskovskoj oblasti. *Pochvennye bespozvonochnye Moskovskoj oblasti*. D.G. Matveeva, T.S. Perel'. M.: Nauka, pp. 133-143.
- 26 Chekanovskaja O.V. (1960) Dozhdevye chervi i pochvoobrazovanie. M.: Nauka, pp. 208.
- 27 Smetak, K. M., Johnson-Maynard J.L., Lloyd, J.E. (2007) Earthworm population density and diversity in different-aged urban systems. *Appl. Soil Ecol.*, vol. 37, pp. 161–168.