

УДК 574.34:591.54

ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА ДИНАМИКУ ЧИСЛЕННОСТИ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ОТВАЛОВ УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗОВ

Е. С. Углова, А. Н. Борисов, Е. В. Екимов, А. С. Шишкин

*Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН
660036, Красноярск, Академгородок, 50/28*

E-mail: uglova@ksc.krasn.ru, alex_nik@ksc.krasn.ru, siboul@rambler.ru, shishikin@ksc.krasn.ru

Поступила в редакцию 24.08.2015 г.

Отвалы горных пород характеризуются разнообразием экологических условий обитания по обеспеченности кормом и возможности создания укрытий. При формировании первичных экосистем отвалов в большей степени проявляется влияние погодных условий, увеличиваются амплитуды температур, влажности и др. их сезонные различия. Исследования проводились с 2005 по 2014 г. на отвалах Бородинского бурогоугольного разреза, находившихся на разных сукцессионных стадиях, сформированных по трем технологиям рекультивации. Анализ данных показал положительную связь увлажненности территории и численности мелких млекопитающих. Для грызунов в большей степени характерна связь с количеством осадков летом, а насекомоядные демонстрировали большую зависимость от режима снеготаяния. Применение метода корреляционного анализа в установлении связей между численностью популяций мелких млекопитающих и погодными условиями показало слабо выраженную зависимость. Модель, полученная в результате применения факторного анализа, позволила сгруппировать показатели в три кластера. Показатели погоды, которые группировали согласно экологически обоснованной интерпретации, имели количественные оценки степени их воздействия. Первый кластер объединил показатели, характеризующие разнообразие и обилие мелких млекопитающих, второй – показатели увлажненности территории, такие как осадки летнего периода и характеристики снежного покрова (высоту снега и длительность снеготаяния), а третий – суммарные температуры весеннего и летнего периодов. Графическое отображение трех кластеров иллюстрирует их совокупное воздействие на динамику численности животных. Модель показывает зависимость динамики прироста популяции от совокупного воздействия таких показателей, как собственно численность, благоприятные температурные условия и влажность.

Ключевые слова: *мелкие млекопитающие, численность, разнообразие, погодные сценарии весны и лета, угольные отвалы, Бородинский бурогоугольный разрез, Красноярский край.*

DOI: 10.15372/SJFS20160208

ВВЕДЕНИЕ

Воздействие климатических факторов на мелких млекопитающих (ММ) проявляется в успешности перезимовки взрослых особей, определяющей сезонный воспроизводственный потенциал популяции и выживаемость потомства в сезон размножения. Комплекс климатических факторов, а также внутривидовые механизмы постоянно создают разные условия, влияющие на динамику численности ММ (Сафронов, 1983; Мичурина, 1987; Незнамова, 2003). Закономерностям динамики численности ММ посвящено много работ, в основном связанных с прогнозами численности вредите-

лей сельскохозяйственных и лесных культур и очагов распространения зоонозных инфекций (Виноградов, 1934; Свириденко, 1935; Наумов, 1945; Поляков, 1950; Шварц, 1963; Максимов, 1964; Кошкина, 1967; Ковалевский, Коренберг, 1974; Мичурина, 1987; Ивантер, Жигальский, 2000 и др.). Исследования функциональных связей комплекса погодных условий с выживаемостью и размножением, которые позволяют создать относительно полную модель сезонной цикличности, актуальны и в настоящее время. Это связано со сложностью выделения прямого и косвенного воздействия погодных условий, их очередности влияния на ММ в течение всего года.

Первый критичный период после размножения возникает осенью и связан с продолжительностью и обилием осадков. После выпадения первого снега есть вероятность возврата тепла с дождем и превращения снега в ледяную корку. Важными показателями являются общая глубина снега и его плотность. Оказывают влияние скорость схода снега весной, выпадение дождей с его промачиванием, возврат холодов и опять образование корки. Успешность размножения позвоночных зависит от совпадения их гормональной активности, регулируемой продолжительностью светового дня и температурным режимом весны. Ранняя, провокационная весна обычно заканчивается поздними заморозками и возвратами холодов с дождями, поздняя (с задержкой до двух недель) снижает выживаемость первого помета и сокращает сезон размножения. Отрицательные условия лета проявляются в его засушливости или, наоборот, в низких температурах, сочетающихся с осадками. Сочетание всех этих факторов определяет успешность выживания и размножения ММ, ведущих подснежный образ жизни в зимний период. Особенно неблагоприятными проявлениями погодных условий в северных широтах являются короткое лето и возврат заморозков при начале подснежного размножения (Шишикин и др., 2014б).

Обобщая проведенные исследования по воздействию климата на ММ в разных географических зонах Енисейского меридиана, можно выделить шесть сценариев погодных условий, способствующих выживанию (гибели) взрослых зверьков и успешности (неуспешности) репродуктивного сезона (Шишикин, 2014; Шишикин и др., 2014а, б). Неблагоприятные сезоны: малоснежная и морозная зима; ранняя с возвратом холодов и образованием гололеда, а также холодная и дождливая весна; дождливая осень с возвратом холодов; благоприятные: дружная теплая весна без возвратов холодов и продолжительное теплое лето с достаточным количеством осадков в первой его половине.

Отвалы горных пород характеризуются разнообразием экологических условий обитания. Плотность и структура грунтов определяют возможность устройства подземных укрытий. Состав и мощность развития напочвенного покрова формируют разнообразие и обилие кормов, а наличие растительного опада обеспечивает укрытие от неблагоприятных погодных условий и хищников. На начальных стадиях формирования техногенных экосистем при

низком проективном покрытии и высоте растительности нагрузка климатических факторов проявляется в большей степени (Космаков, 2006). При одинаковых погодных условиях гидротермические показатели на разных вариантах отвалов отличаются как между собой, так и от естественных местообитаний, что позволяет выявить значимость отдельных параметров (температуры весны и лета, осадков, динамики схода снега и др.) в их воздействии на численность ММ.

Цель исследований – провести сравнительный анализ динамики погодных условий и численности ММ в различных экологических условиях горных отвалов угольного разреза.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили с 2005 по 2014 г. на отвалах Бородинского бурогоугольного разреза трех групп: новые – возраст менее 10 лет, средневозрастные и старые, т. е. старше 20 лет на начало периода наблюдений. В каждой группе выделяли отвалы с различной технологией рекультивации (без горного этапа рекультивации, с выравниванием поверхности отвалов, с выравниванием и нанесением плодородного слоя почвы). Исследованные отвалы находятся на разных сукцессионных стадиях.

На 12 постоянных пробных площадях ежегодно проводили отловы ММ ловушками «Геро» по стандартной методике (Карасева и др., 2008). Всего отработано 10 350 лов.-сут и отловлено 1344 зверька. Фауна мелких млекопитающих представлена 15 видами, 4 из которых относятся к отряду насекомоядных (Insectivora): *Sorex tundrensis*, *S. araneus*, *S. roboratus*, *S. minutus* и 11 – к отряду грызунов (Rodentia): *Eutamias sibiricus*, *Rattus norvegicus*, *Mus musculus*, *Apodemus speciosus*, *A. agrarius*, *Micromys minutus*, *Sicista betulina*, *Microtus gregalis*, *M. oeconomus*, *Clethrionomys rutilus*, *Cl. rufocanus*.

В состав отловленных ММ входят две основные трофические группы: насекомоядные и грызуны, различающиеся адаптивной реакцией на изменения погодных условий. В качестве обобщенных признаков видового разнообразия популяций ММ использованы индексы доминирования Симпсона и разнообразия Маргалёфа (Одум, 1986).

Для оценки влияния метеорологических показателей использовали материалы метеостанции «Солянка», расположенной на удалении 22 км от разреза в северо-восточном направлении

нии. Данные по суточной температуре (с последующим пересчетом на среднесуточную), мощности снежного покрова и количеству осадков получены на сайте gr5.ru. Суммарную мощность снежного покрова определяли с начала марта и до момента отметки в метеотаблицах «снег местами». В работе использован комплексный гидротермический коэффициент (К) Селянинова (Воробьев, 1981).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Погодные условия, являясь абиотическими факторами внешнего воздействия на популяции ММ, косвенно определяют условия их обитания. От этих факторов зависят состав и обилие кормов, их доступность, защитные свойства местообитаний и пр. Косвенным показателем состояния кормовых условий служит индекс увлажненности территории. Низкий показатель указывает на засушливость и снижение продуктивности растений, что ограничивает плодovitость и выживаемость молодняка, повышает подвижность зверьков и их гибель, а также обостряет конкурентные отношения внутри популяции и между видами. Как показали исследования колоний узкочерепной полевки, при кажущейся однородности отвалов выбор участков обитания ограничен, и при неблагоприятных условиях их площадь резко сокращается (Трефилова и др., 2014; Борисов и др., 2014). По полученным данным выявлена положительная связь коэффициента увлажненности и общей численности ММ (рис. 1).

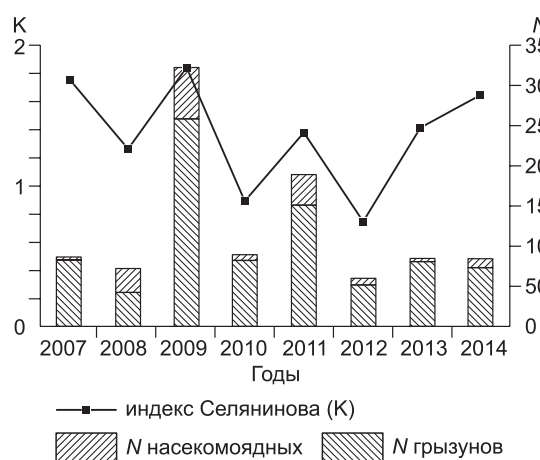


Рис. 1. Величина гидротермического коэффициента (К) и численность мелких млекопитающих (N), особей на 100 лов.-сут.

В годы с высоким показателем гидротермического коэффициента общая численность ММ выше. В отдельности же группа насекомоядных не показывает зависимости численности от увлажненности территории. В то же время невысокие показатели общей численности ММ трех влажных сезонов (2007, 2013, 2014 гг.) дают основание предполагать более сложное влияние погодных условий. Причиной этого может быть неравномерное распределение осадков в теплое время года, когда их максимум приходится на август. Региональная синхронность спада и подъема численности ММ в разных биотопах демонстрирует стабильность адаптационных процессов зверьков и их местообитаний (Krebs, 1996; Жигальский, 2002; Шишкин и др., 2014a). На отвалах горных пород такой синхронности с четырехлетним циклом колебания не наблюдается, а изменение численности ММ, скорее, относится к «стохастической» динамике (Жигальский, 2013). Это подтверждает процесс прохождения первичных сукцессий техногенных экосистем. Динамичность среды обитания может доминировать над погодными сезонными колебаниями.

По нашим данным, полученным в лесотундровых сообществах, «сценарии весны» оказывают значительное стартовое воздействие на численность популяции ММ в текущем году (Шишкин и др., 2014б). На отвалах горных пород длительный период снеготаяния с возвратом холодов негативно влияет на численность зверьков, а поздние сроки схода снега укорачивают длительность репродуктивного периода (рис. 2).

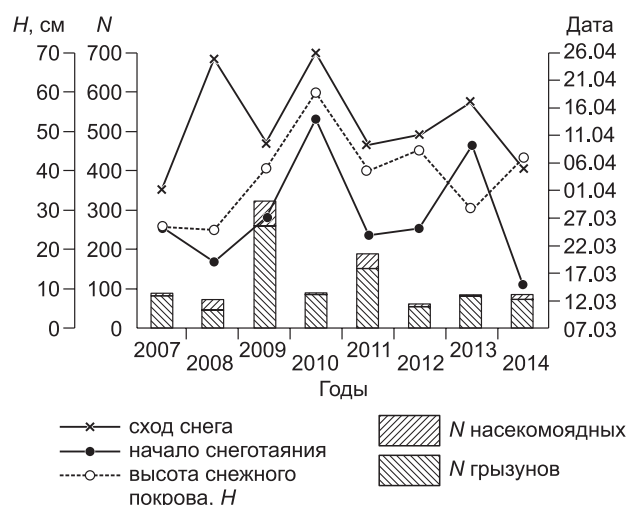


Рис. 2. Даты начала и окончания схода снега, мощность снежного покрова (H) к началу снеготаяния, численность мелких млекопитающих (N), особей на 100 лов.-сут.

Снежный покров способствует сохранению ММ от воздействия низких температур, но для этого требуется его определенная мощность, обеспечивающая достаточную теплоизоляцию. Для территорий Бородинского угольного разреза мощность снежного покрова в пределах 40 см способствует приросту численности в следующий летний период (см. рис. 2), тогда как большая мощность снежного покрова сопровождается снижением численности.

При изучении влияния начала схода снега и длительности снеготаяния (определяемой как промежуток между началом и окончательным сходом снега) на динамику популяций ММ в северных широтах выявлено, что длительный период снеготаяния приводит к уменьшению темпов прироста их численности. Причина этого в смещении на более поздние сроки наступления вегетационного периода, следовательно, прирост численности снижается даже в случае начала воспроизводства популяции до схода снега.

Отсутствие прямых связей позволяет предположить сочетанное воздействие этих факторов на численность ММ. Для более ясной картины был применен корреляционный анализ. В анализе использовали как общие показатели численности, так и двух групп по отдельности (насекомоядных и грызунов), а также индексы разнообразия, их зависимость от показателей осадков в зимний и летний периоды, схода снежного покрова весной и температур в весенний и летний периоды (табл. 1).

Результаты адаптации к погодным условиям проявляются во внутривидовых механизмах регулирования численности с учетом биологических особенностей видов. Так, позднее наступление весны отрицательно влияет на общую численность ММ и в большей степени отрицательно отражается на численности насекомоядных, но сопровождается увеличением индекса Симпсона. Прирост численности грызунов

положительно коррелирует с мощностью снежного покрова в предыдущий зимний период и достаточным количеством осадков в теплый период года. На численность насекомоядных отрицательно влияют высокие температуры в летний период и положительно – раннее наступление весны и сход снега.

Метеоусловия опосредованно влияют на обилие и разнообразие ММ, вследствие этого теснота их связей слабая и не превышает 0.35 (см. табл. 1). Динамика численности обуславливается сочетанием комплекса экологических условий и популяционных процессов и не связана напрямую с измеряемыми характеристиками погоды. Невозможность непосредственного измерения воздействия абиотических факторов на конечную продуктивность популяции и слабые показатели связи приводят к нерезультативности изучения изменчивости сообществ ММ методами корреляционного анализа. Тогда возникает задача по имеющимся характеристикам погоды и численности ММ выделить факторы, которые объясняли бы наблюдаемые связи. Эту задачу позволяет решить факторный анализ (Иберла, 1980). При выполнении факторного анализа исключили малочисленные виды ММ, характеризующиеся низкой достоверностью статистических показателей. Нами использован метод общностей и применено вращение факторных нагрузок методом Varimax (Боровиков В. П., Боровиков И. П., 1998). Проведенный анализ позволил сгруппировать погодные факторы и определить их нагрузку на признаки популяций.

Если учитывать только те показатели, для которых факторные нагрузки по абсолютной величине превышают 0.5, то первый фактор будет определять показатели численности и разнообразия, второй – показатели осадков и снежного покрова, а третий – температурный режим весеннего и летнего периодов (табл. 2).

Таблица 1. Коэффициенты корреляции (R) между показателями погоды и численностью ММ

Показатель	N			D	
	насекомоядных	грызунов	общая	Маргалефа	Симпсона
К Селянинова	0.07	0.31	0.26	0.09	0.03
ΣR (осадки)	-0.12	0.20	0.09	-0.04	0.12
H_{cm} (снег)	-0.04	0.14	0.09	0.01	-0.03
ΣT : весны	0.18	-0.01	0.14	0.05	0
лета	-0.29	-0.09	-0.24	-0.16	0.04
Снеготаяние:					
дата начала	-0.35	-0.08	-0.27	-0.14	0.22
длительность	-0.01	-0.15	-0.20	0.06	-0.06

Таблица 2. Факторные нагрузки, воздействующие на популяционные показатели (жирным шрифтом выделены нагрузки, превышающие по абсолютной величине 0.5)

Признак и показатель	Фактор		
	1	2	3
<i>N</i> : насекомоядных	0.744	0.047	0.374
грызунов	0.701	0.371	0.266
общая	0.834	0.215	0.353
<i>D</i> : Маргалефа	0.534	-0.056	-0.087
Симпсона	-0.666	0.108	0.128
$K_{\text{Селянинова}}$	0.105	0.508	0.064
$H_{\text{см}}$ (снега)	0.109	0.533	0.045
Начало снеготаяния	-0.327	0.765	-0.441
Длительность снеготаяния	0.100	-0.639	0.393
ΣT : весны	0.023	-0.428	0.881
лета	-0.101	-0.118	-0.917

Представление трех групп факторов в пространстве показывает их взаимное влияние (рис. 3). Показатели численности и разнообразия, входящие в первый фактор, имеют наибольшие величины, что согласуется с известными принципами устойчивости сообществ и формирования адаптивного потенциала и активно проявляется на отвалах горных пород, проходящих стадии первичных сукцессий.

Факторные нагрузки для высоты снежного покрова в марте, даты начала таяния снега и интенсивности снеготаяния подтверждают их значимость для выживания взрослых зверьков перед сезоном размножения. Величина дли-

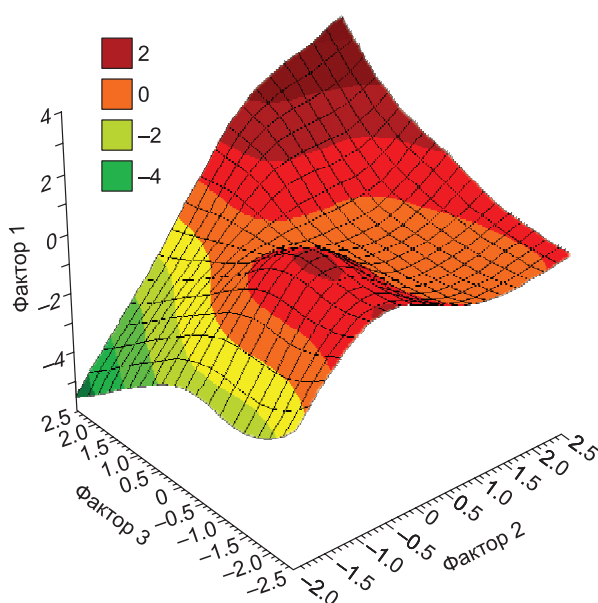


Рис. 3. Структура сочетанного взаимодействия трех факторов.

тельности снеготаяния дает отрицательную факторную нагрузку, следовательно, увеличение скорости таяния снежного покрова ускоряет доступность кормовой базы и снимает ограничения по передвижению. Происходит более ранняя активизация жизнедеятельности особей, что стимулирует размножение и рост популяции.

Важную роль играет температурный режим весеннего периода: чем выше сумма положительных температур в это время, тем быстрее осуществляется переход от зимнего к активному летнему образу жизни. В то же время высокие летние температуры оказывают неблагоприятное воздействие на мышевидных грызунов, что отражается в отрицательном значении соответствующей нагрузки для фактора 3.

ВЫВОДЫ

На основе многолетних наблюдений ММ на отвалах горных пород Бородинского бурого угольного разреза изучено влияние погодных условий на динамику их численности. Отмечена различная реакция насекомоядных и грызунов на изменения условий зимнего и летнего обитания. Парный анализ корреляционных связей не выявил четкой зависимости динамики численности ММ от погодных условий, что свидетельствует о сложном, комплексном взаимодействии абиотических условий и конечной продукции популяции – численности. В результате применения трехфакторной модели количественно определено влияние отдельных показателей погоды и их совокупное действие на популяцию ММ. Модель позволила сгруппировать показатели в три кластера, имеющие экологически обоснованную интерпретацию. Первый кластер объединяет численные характеристики особей разных видов и их представленность в населении ММ, второй – осадки и характеристику снежного покрова, а третий – температурный режим весеннего и летнего периодов. Графическое отображение характеристик изучаемого объекта в трехмерном факторном пространстве иллюстрирует совокупное воздействие погодных условий на динамику численности ММ. В условиях прохождения первичных сукцессий на отвалах не выявлена четырехгодичная синхронность колебания численности, что свидетельствует о доминировании биотопического фактора над погодным в ненарушенных местообитаниях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Борисов А. Н., Иванов В. В., Екимов Е. В. Метод оценки пространственного распределения ресурса в экологической нише // Сиб. лесн. журн. 2014. № 5. С. 113–121.
- Боровиков В. П., Боровиков И. П. Статистический анализ и обработка данных в среде Windows. М.: Статистика, 1998. 592 с.
- Виноградов Б. С. Материалы по динамике фауны мышевидных грызунов СССР. Л.: Изд-во АН СССР, 1934. 168 с.
- Воробьев С. А. Земледелие с основами почвоведения и агрохимии. М.: Колос, 1981. 304 с.
- Жигальский О. А. Анализ популяционной динамики мелких млекопитающих // Зоол. журн. 2002. Т. 81. № 9. С. 1078–1106.
- Жигальский О. А. Экологическое регулирование численности популяций мелких млекопитающих // Экол. технол. 2013. № 2. С. 61–64.
- Иберла К. Факторный анализ. М.: Статистика, 1980. 398 с.
- Ивантер Э. В., Жигальский О. А. Опыт популяционного анализа механизмов динамики численности рыжей полевки *Clethrionomys glareolus* на северном пределе ареала // Зоол. журн. 2000. Т. 79. № 8. С. 976–989.
- Карасева Е. В., Телицина А. Ю., Жигальский О. А. Методы изучения грызунов в полевых условиях. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 416 с.
- Ковалевский Ю. В., Коренберг Э. И. Пространственная структура популяций лесных мышевидных грызунов в природных очагах болезней человека // Природноочаговые инфекции и инвазии. Вильнюс, 1974. С. 112–115.
- Космаков В. И. Организация хозяйства в лесах, нарушенных золотодобычей. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 2006. 135 с.
- Кошкина Т. В. Популяционная регуляция численности грызунов // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1967. Т. 72. Вып. 6. С. 144–152.
- Максимов А. А. Сельскохозяйственное преобразование ландшафта и экология вредных грызунов. М.; Л.: Наука, 1964. 251 с.
- Мичурина Л. Р. Оценка оптимальности местообитаний лесных полевков // Экологическая оценка местообитаний лесных животных. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1987. С. 146–157.
- Наумов Н. П. Географическая изменчивость динамики численности животных и эволюция // Журн. общ. биол. 1945. Т. 6. № 1. С. 37–52.
- Незнамова Е. Г. Пространственно-временная структура лесных сообществ мелких млекопитающих Томского Приобья: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16. Томск, 2003. 27 с.
- Одум Ю. Экология. Т. 2. М.: Мир, 1986. 376 с.
- Поляков И. Я. Теоретические основы прогноза численности мышевидных грызунов и мероприятий по предотвращению их вредности в европейской части СССР и Закавказье: автореф. дис. д-ра с.-х. наук. Л., 1950. 49 с.
- Сафронов В. М. Зимняя экология лесных полевков в Центральной Якутии. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1983. 157 с.
- Свириденко П. А. Факторы, ограничивающие численность мышевидных грызунов // Учен. зап. МГУ. Биол. 1935. Т. 4. Вып. 1. С. 44–69.
- Трефилова О. В., Екимов Е. В., Шишикин А. С. Влияние узкочерепной полевки на свойства реплантоземов Канской лесостепи // Вестн. Томск. гос. ун-та. Биол. 2014. № 3 (27). С. 115–129.
- Шварц С. С. Пути приспособления наземных позвоночных животных к условиям существования в Субарктике. Т. 1. Млекопитающие. Свердловск, 1963. 132 с.
- Шишикин А. С. Экологические исследования техногенных территорий // Лесные биогеоценозы бореальной зоны: география, структура, функции, динамика: мат-лы Всерос. науч. конф. с междунар. участ., посвящ. 70-летию создания Ин-та леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 16–19 сент. 2014 г., Красноярск. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. С. 30–33.
- Шишикин А. С., Екимов Е. В., Орешков Д. Н., Углова Е. С. Население мелких млекопитающих вырубок темнохвойных лесов Енисейского края // Лесоведение. 2014а. № 6. С. 56–61.
- Шишикин А. С., Орешков Д. Н., Углова Е. С. Состояние животного населения в зоне воздействия Норильского промышленного комплекса // Сиб. экол. журн. 2014б. № 6. С. 997–1008.
- Krebs C. J. Population cycles revisited // J. Mammal. 1996. V. 77. N. 1. P. 8–24.

THE INFLUENCE OF WEATHER CONDITIONS ON POPULATION DYNAMICS OF SMALL MAMMALS IN THE DUMPS OF OPENCAST COAL MINES

E. S. Uglova, A. N. Borisov, E. V. Ekimov, A. S. Shishikin

*V. N. Sukachev Institute of Forest, Russian Academy of Science, Siberian Branch
Akademgorodok, 50/28, Krasnoyarsk, 660036 Russian Federation*

E-mail: uglova@ksc.krasn.ru, alex_nik@ksc.krasn.ru, siboul@rambler.ru, shishikin@ksc.krasn.ru

Piles of rocks represent the diversity of environmental conditions, which is manifested in the difference of forage and cover conditions. The influence of weather conditions is manifested in a greater degree at the initial stage of formation of ecosystems dumps. The research was carried out on the piles of Borodino brown coal mine section from 2005 to 2014. Data analysis showed a positive correlation of moisture in the area and the abundance of rodents that is not observed for insectivores. The method of correlation analysis showed a weak dependence of population dynamics of small mammals to weather conditions. The study used factor analysis, which grouped the values of population density, diversity, dominance, temperatures of summer and spring, coefficient of moisture, indicators of snow in three clusters. The first cluster combined indicators as diversity and abundance of small mammals. The second cluster combined indicators of moisture in the area, such as summer precipitation and snow cover (snow depth and snowmelt period). The third cluster included the total temperature of the spring and summer period. The description of characteristics of the studied objects in three-dimensional space of factors is obtained. It has allowed revealing of the role of individual indicators on the population dynamics of small mammals.

Keywords: *small mammals, abundance, diversity, spring and summer weather scenarios, coal piles, Borodino opencast coal mine, Krasnoyarsk krai.*

How to cite: *Uglova E. S., Borisov A. N., Ekimov E. V., Shishikin A. S. The influence of weather conditions on population dynamics of small mammals in the dumps of opencast coal mines // Sibirskij Lesnoj Zurnal (Siberian Journal of Forest Science). 2016. N. 2: 85–91 (in Russian with English abstract).*