

Биомасса микроорганизмов в аласных почвах Лено-Вилюйского междуречья

М. В. ЯКУТИН, А. Н. ПУЧНИН*

*Институт почвоведения и агрохимии СО РАН
630099, Новосибирск, ул. Советская, 18
E-mail: yakutin@issa.nsc.ru*

**Сибирская государственная геодезическая академия
630108, Новосибирск, ул. Плеханова, 8*

АННОТАЦИЯ

Изучены особенности профилного распределения биомассы почвенных микроорганизмов, общей и удельной метаболической активности этой биомассы в мерзлотных почвах Центральной Якутии. Проанализированы особенности изменения микробиологических характеристик в процессе эволюции аласных экосистем и почв и влияние комплекса факторов на изученные показатели на разных стадиях долговременной аласной сукцессии.

Ключевые слова: Центральная Якутия, почвы, алас, биомасса микроорганизмов, базальное дыхание, метаболический коэффициент.

Аласы – это врезанные мезодепрессии среди тайги термокарстового происхождения. Центральная часть аласа занята обычно озером, вокруг которого поясами развиты болотная, луговая и остепненная растительность и соответствующие им почвы. В настоящее время аласы занимают значительные площади в Центральной Якутии (например, в Лено-Амгинском междуречье ими занято 20–30 % территории) [1, 2].

Своим образованием аласы обязаны ледовому комплексу, который является основой рельефа Якутии в зоне средней и северной тайги. Этот комплекс сформировался как результат сурового и влажного климата плейстоцена и сохраняется благодаря современным экстраконтинентальным климатическим условиям. В верхнем плейстоцене и голоцене вследствие колебаний климата произошла частичная деградация ледового комплек-

са, связанная с его протаиванием и образованием отдельных термокарстовых котловин. В современных условиях вследствие аридизации климата Центральной Якутии развитие природного термокарста сильно замедлено. Аласный рельеф можно считать промежуточным типом, этапом превращения равнины, сложенной ледовым комплексом, в ландшафт с незначительным содержанием ледового комплекса [2, 3], разрушение которого в условиях аридного климата закономерно приведет к замене таежных экосистем экосистемами холодных степей.

Глубина аласов колеблется от 2 до 30 м в зависимости от мощности вытаявшего ледового комплекса. Экосистемы аласов издавна активно используются в качестве сенокосов и пастбищ. Благодаря высокой продуктивности аласных лугов в Центральной Якутии еще в конце 1 тысячелетия н. э. сформировался

Основные характеристики исследованных экосистем

№ п/п	Геоморфологическое положение	Экосистема	Почва	С/х использование
Т. 1	Граница аласа	Березово-лиственничный лес	Мерзлотная палево-бурая типичная	Не используется
Т. 2	80 м от Т. 1	Разнотравно-злаковый остепненный луг. Проектное покрытие 80 %, высота травостоя 40 см	Мерзлотная аласная лугово-черноземная	Многолетний сенокос. В 2005 г. трава не скашивалась
Т. 3	130 м от Т. 1	Разнотравно-злаковый луг. Проектное покрытие 80 %, высота травостоя 40 см	Мерзлотная аласная черноземно-луговая	Многолетний сенокос. В 2005 г. трава не скашивалась
Т. 4	200 м от Т. 1, 20 м от уреза воды	Осоковый заболоченный луг. Проектное покрытие 100 %, высота травостоя 55 см	Мерзлотная аласная торфянисто-глеевая	Не используется

один из самых северных очагов скотоводства на планете [2, 4].

Микробиологические особенности почв Якутии изучены слабо. Отмечена высокая общая численность микроорганизмов в верхних горизонтах мерзлотных почв, но биохимическая активность этих почв низкая, что обуславливает медленное разложение и слабую минерализацию растительных остатков. Основную роль в разложении опада играют базидиальные грибы. Нитрифицирующие и азотфиксирующие бактерии малочисленны [5–8].

Цель исследования – изучение особенностей распределения биомассы почвенных микроорганизмов и уровня ее метаболической активности в профилях основных типов мерзлотных аласных почв и в зональной мерзлотной палево-бурой типичной почве Центральной Якутии.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследование проведено в августе 2005 г. в междуречье Лены и Вилюя. В качестве объектов исследования выбраны 3 мерзлотные почвы аласа Хоту (лугово-черноземная, черноземно-луговая и торфянисто-глеевая) и зональная мерзлотная палево-бурая типичная почва. Все исследованные экосистемы находятся на одной катене длиной около 250 м (см. таблицу). Перепад высот от Т. 1 к Т. 4 составляет 6 м. Карта-схема почв аласа Хоту приведена на рис. 1.

Образцы отбирали из генетических горизонтов всех исследованных почв в четырехкратной повторности по общепринятой методике [9]. В образцах определяли содержание углерода в биомассе почвенных микроорганизмов (С-биомассы) методом фумигации-инкубации [10, 11], базальное дыхание и метаболический коэффициент (qCO_2) – показатель удельной активности микробиомассы – выделение $C-CO_2$ на единицу С-биомассы в час [12, 13].

Статистическая обработка результатов проведена методами вариационного и дисперсионного анализов [14].

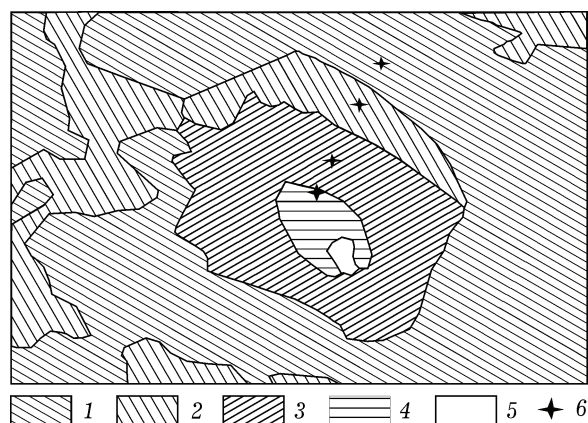


Рис. 1. Карта-схема почв аласа Хоту.

Почвы: 1 – зональные палево-бурые типичные, 2 – аласные лугово-черноземные, 3 – аласные черноземно-луговые, 4 – аласные торфянисто-глеевые, 5 – озеро, 6 – точки отбора образцов

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По данным метеостанции Бердигестях, ближайшей к месту проведения исследования, температурный режим в вегетационный сезон 2005 г. в целом не выходил за пределы среднемультилетней нормы, но количество осадков в середине лета 2005 г. было значительно выше нормы.

При изучении сезонной динамики общей численности почвенных микроорганизмов обнаружено два пика: в июне и в августе – сентябре [8]. Таким образом, время проведения нашего исследования попадает на один из двух пиков общей численности почвенных микроорганизмов.

Характерными особенностями всех исследованных мерзлотных почв являются сосредоточение основной части биомассы микроорганизмов в верхнем горизонте и резкое уменьшение концентрации микроббиомассы вниз по профилю почвы.

Для зональной мерзлотной палево-бурой типичной почвы (Т. 1) характерны минимальные значения микроббиомассы (25 мг С-биомассы/100 г почвы в слое 0–10 см), относительно высокий уровень базального дыхания (1,1 мкг CO₂-С/г почвы в час) и высокая удельная активность биомассы (4,2 мкг CO₂-С/мг С-биомассы в час) (рис. 2, 3, 4, Ia).

Эволюция экосистем и почв в Центральной Якутии происходит по законам долговре-

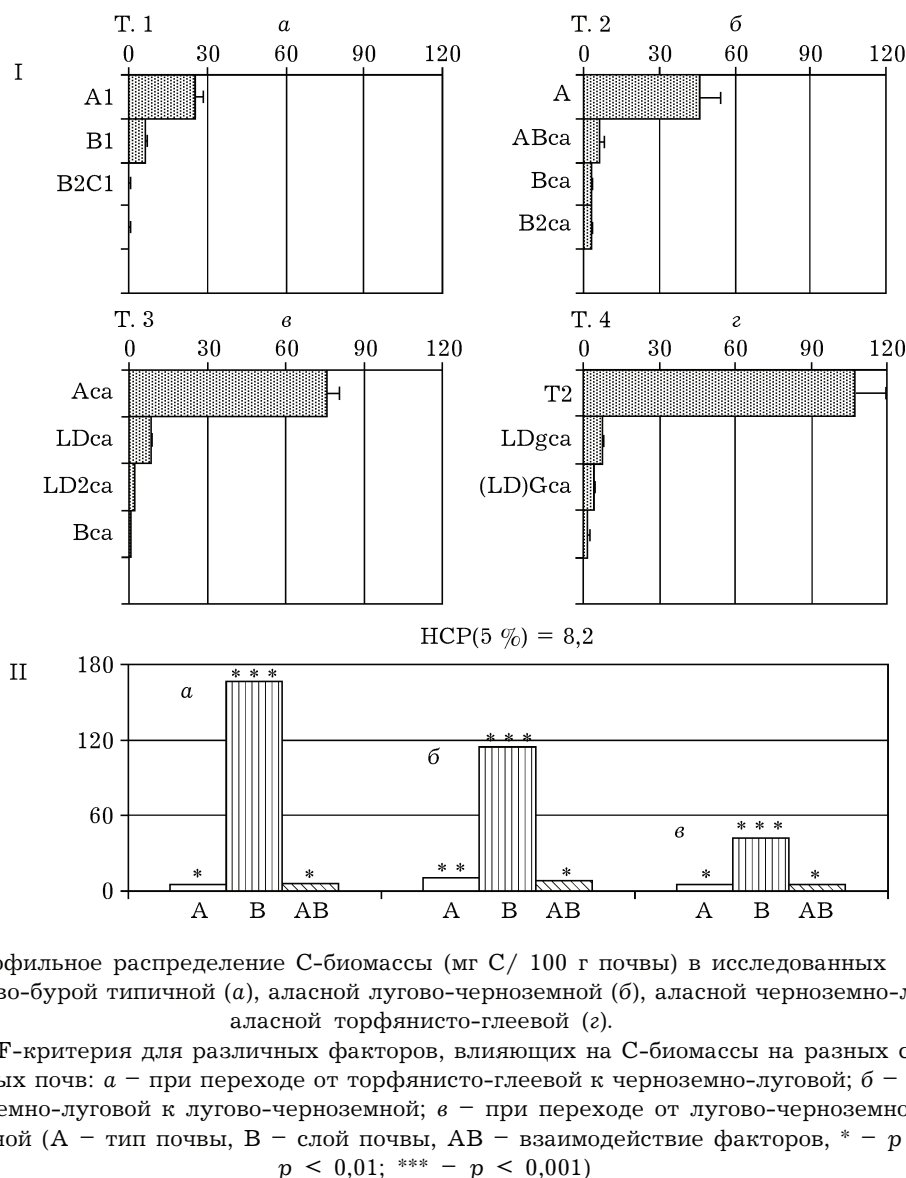


Рис. 2. I: профильное распределение С-биомассы (мг С/ 100 г почвы) в исследованных мерзлотных почвах: палево-бурой типичной (а), аласной лугово-черноземной (б), аласной черноземно-луговой (в) и аласной торфянисто-глеевой (г).

II: значения F-критерия для различных факторов, влияющих на С-биомассы на разных стадиях эволюции аласных почв: а – при переходе от торфянисто-глеевой к черноземно-луговой; б – при переходе от черноземно-луговой к лугово-черноземной; в – при переходе от лугово-черноземной к палево-бурой типичной (А – тип почвы, В – слой почвы, АВ – взаимодействие факторов, * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$)

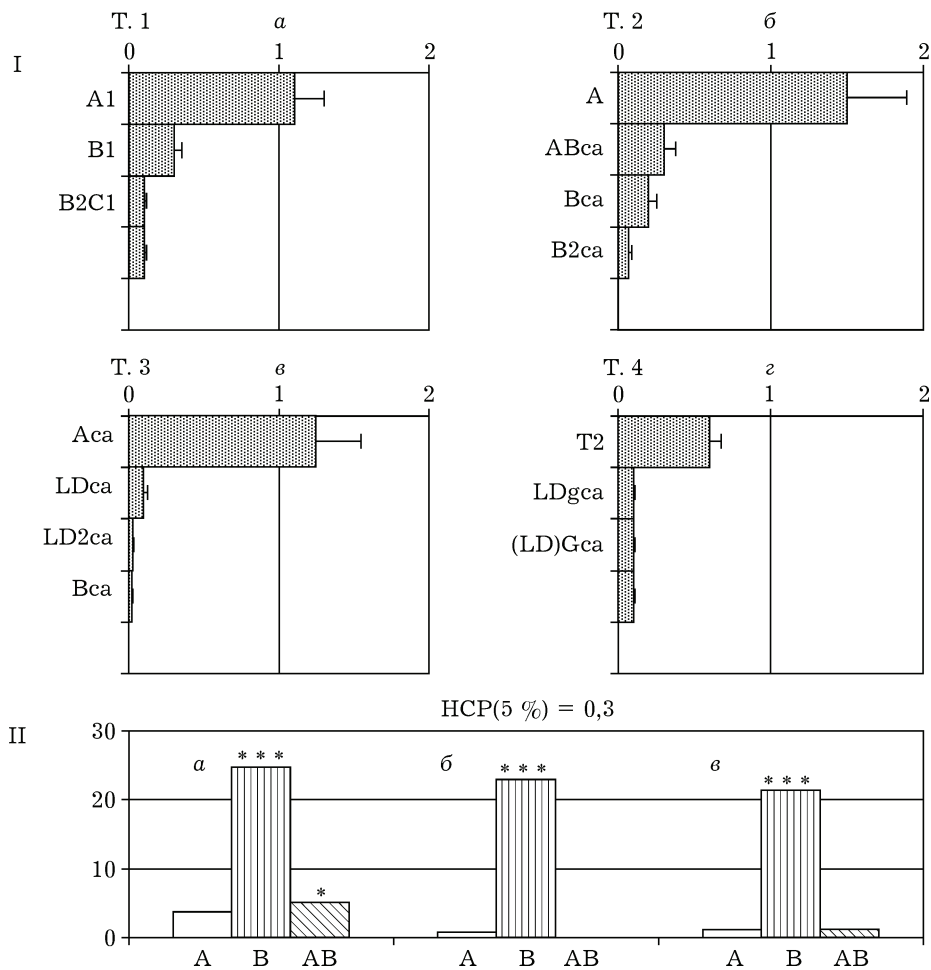


Рис. 3. Базальное дыхание (мкг CO₂-C/ г почвы в час) в профилях исследованных мерзлотных почв (I); значения F-критерия для различных факторов, влияющих на базальное дыхание на разных стадиях эволюции аласных почв (II) (обозначения см. рис. 2)

менной вторичной сукцессии, которая начинается с формирования озера на месте зональной таежной экосистемы. Озера являются аккумуляторами тепла, и это приводит к протаиванию ледового комплекса под ними и оседанию вмещающих пород. Озеро формирует контур будущей аласной котловины. На дне озера накапливается сапропель, аккумулируются карбонаты в виде обильных мелких ракушек и утяжеляется механический состав почвы [2].

По мере высыхания озера наступает следующая стадия развития аласных почв – болотная. С ней связаны процессы торфонакопления, оглеения и аккумуляции легкорастворимых солей. В процессе дальнейшего иссушения аласа вокруг озера происходит формирование поясов с различным увлажнением: избыточным, нормальным и недоста-

точным [2]. В поясе избыточного увлажнения, в торфянисто-болотной почве (Т. 4), отмечены максимальные запасы биомассы микроорганизмов при низком уровне базального дыхания и удельной активности (см. рис. 2, 3, 4, I₂).

В верхнем горизонте торфянисто-болотной почвы величина С-биомассы оказалась в 4,2 раза выше, а уровень базального дыхания в 1,8 раза ниже, чем в зональной мерзлотной палево-бурой типичной почве (Т. 1). Метаболический коэффициент в торфянисто-болотной почве был в 7 раз ниже, чем в зональной палево-бурой типичной почве.

По мере дальнейшего иссушения деятельного слоя аласов болотная фаза развития почв сменяется луговой. Луговые экосистемы характеризуются высокой продуктивностью и высокими темпами процесса гумусона-

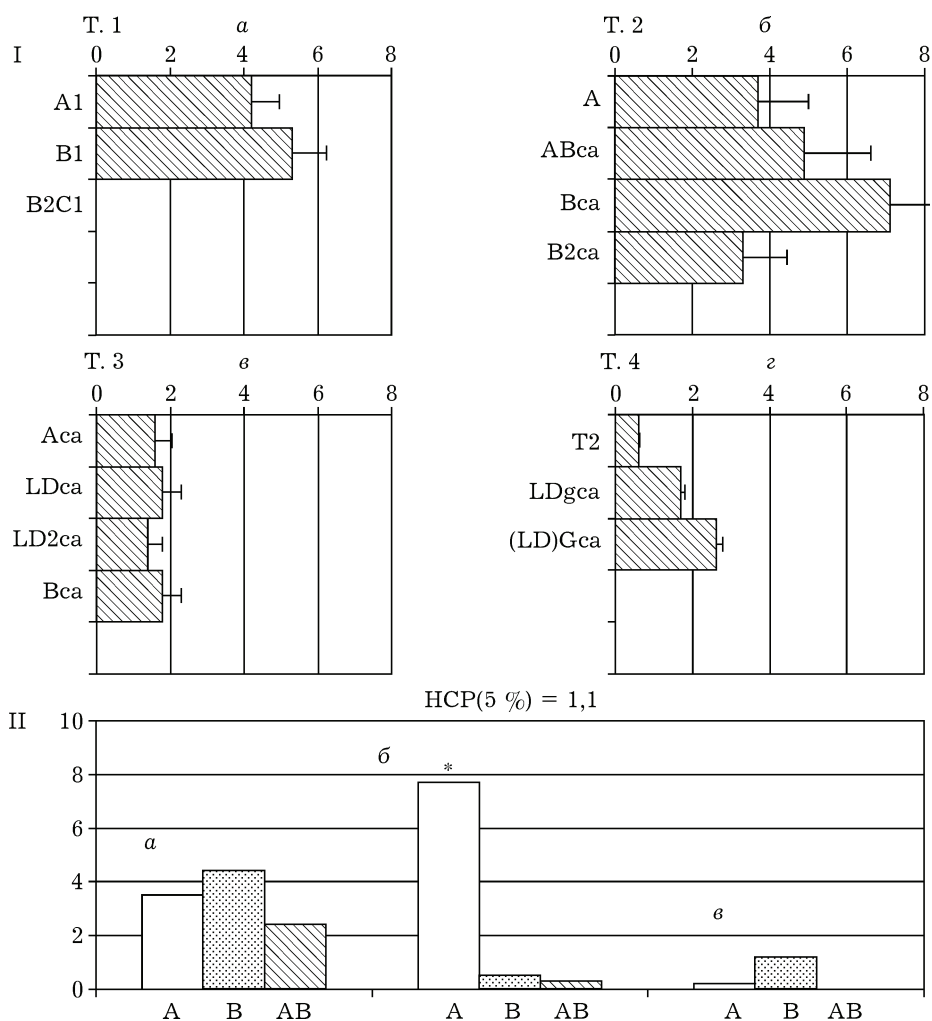


Рис. 4. Профильное распределение метаболического коэффициента (qCO_2) (мкг CO_2 -C/ мг С биомассы в час) в исследованных мерзлотных почвах (I); значения F-критерия для различных факторов, влияющих на метаболический коэффициент (qCO_2) на разных стадиях эволюции аласных почв (II) (обозначения см. рис. 2)

копления [2]. В луговых почвах по сравнению с болотными происходит снижение микробиомассы, но увеличиваются и базальное дыхание, и метаболический коэффициент.

Содержание С-биомассы в черноземно-луговой почве (Т. 3) уменьшается в 1,4 раза, а базальное дыхание и метаболический коэффициент увеличиваются в 2,1 и в 2,7 раза соответственно по сравнению с торфянисто-болотной почвой (рис. 2, 3, 4, 1в). Различия между нижележащими горизонтами луговой и болотной почв по изученным показателям были незначимыми.

Последняя стадия развития почв аласа – степная. Она является результатом крайнего иссушения деятельного слоя аласов и дина-

мики рельефа. На этой стадии происходят расселение луговых почв, что приводит к проявлению солонцового процесса, повышение интенсивности процесса гумусонакопления и увеличение мощности гумусового горизонта. Остепненная фаза развития почв продолжается до следующего максимума водообильности аласов (2–3 года с положительным водным балансом раз в 25–40 лет), при котором она прерывается и сменяется луговой либо болотной фазой, а иногда в результате сильного изменения рельефа или значительного расширения водоемов может проявиться и озерная фаза [1, 15].

На самых высоких участках аласов и их склонах наблюдается резкий недостаток влаги.

По гидрологическому режиму эти участки рассматриваются как ксероморфные. Здесь формируются остепненные луга или луговые степи [2].

На этой терминальной стадии развития аласной экосистемы в лугово-черноземной почве (Т. 2) содержание С-биомассы в верхнем горизонте снижается в 1,7 раза, а базальное дыхание и метаболический коэффициент увеличиваются в 1,2 и 2,3 раза соответственно по сравнению с черноземно-луговой почвой (см. рис. 2, 3, 4, 1б). При этом уровень микроббиомассы в лугово-черноземной почве оказывается в 1,8 раза выше, а удельная активность этой биомассы практически равна таковой в зональной мерзлотной палево-бурой типичной почве (Т. 1).

Для оценки силы влияния различных факторов на изученные показатели на разных стадиях эволюции аласных почв рассчитаны значения F-критерия для этих факторов и их взаимодействия.

Влияние комплекса факторов, определяемых типом почвы, на С-биомассы оказалось значимым, а на базальное дыхание – незначимым на всех стадиях эволюции аласных почв (см. рис. 2, 3, II). Основное влияние на С-биомассы и базальное дыхание оказывал комплекс факторов, определяемых глубиной по профилю почвы. Неглубокое залегание мерзлых пород оказывает мощное влияние на профильное распределение биомассы и характеристики ее метаболической активности: основная масса микроорганизмов сосредоточена в верхних горизонтах мерзлотных почв.

Анализ значений F-критерия для различных факторов, влияющих на метаболический коэффициент, наглядно продемонстрировал, что наиболее значительным было влияние на данный показатель комплекса факторов, определяемых типом почвы при переходе от гидроморфных (торфянистая и луговая) к остепненным лугово-черноземным (см. рис. 4, II), т. е. при переходе от гидроморфных почв к автоморфным происходит наиболее значительная трансформация почв, что, видимо, приводит к наиболее значительной трансформации микробного комплекса.

В целом мерзлотные почвы Центральной Якутии характеризуются более низкими значениями микроббиомассы и более высокими значениями удельной активности этой био-

массы, чем аналогичные почвы Русской равнины [16]. Высокие значения метаболического коэффициента могут свидетельствовать о высокой напряженности микробиологических процессов в мерзлотных почвах Центральной Якутии, что хорошо объясняется коротким вегетационным сезоном и низкими среднесуточными температурами [3].

Таким образом, характерной особенностью всех исследованных мерзлотных почв является сосредоточение биомассы микроорганизмов в основном в верхнем горизонте и резкое снижение этого показателя вниз по профилю почв. Такая же картина характерна и для распределения показателя базального дыхания по профилям исследованных почв.

Зональная мерзлотная палево-бурая типичная почва характеризуется минимальным запасом микроббиомассы и относительно высоким уровнем базального дыхания и удельной активности.

Сукцессия экосистем Центральной Якутии от тайги через озерную и болотную стадии к луговой степи сопряжена с эволюцией почв и коренной перестройкой основного компонента деструкционного звена биологического круговорота – сообщества почвенных микроорганизмов. На стадии гидроморфных почв отмечаются максимально высокое содержание биомассы микроорганизмов и низкая метаболическая активность этой относительно большой биомассы. При переходе от болотных почв к черноземно-луговым и далее к лугово-черноземным уровень микроббиомассы постепенно снижается, а ее метаболическая активность увеличивается, достигая уровня таежных экосистем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Еловская Л. Г. Классификация и диагностика мерзлотных почв Якутии. Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1987. 172 с.
2. Десяткин Р. В. Почвы аласов Лено-Амгинского междуречья. Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1984. 168 с.
3. Влияние климата на мерзлотные ландшафты Центральной Якутии / М. К. Гаврилова, А. Н. Федоров, С. П. Варламов и др. Якутск: Институт мерзлотоведения СО РАН, 1996. 152 с.
4. Иванов А. А., Миронова С. И., Саввинов Д. Д. Аласные луга Лено-Виллойского междуречья Центральной Якутии при различных режимах использования. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 2004. 112 с.

5. Петрова Е. И. Почвы Южной Якутии. Якутск, 1971. 167 с.
6. Иванова Т. И., Кузьмина Н. П., Чевычелов А. П., Скрыбькина В. П. Микробиологическая характеристика лугово-степных и лесных почв Центральной Якутии // Вестник ТГУ. Приложение. 2005. № 15. С. 45–47.
7. Мазилкин И. А. Микробиологическая характеристика дерново-лесных и перегнойно-карбонатных почв Олекминского района ЯАССР // Материалы о природных условиях и сельском хозяйстве юго-запада Якутской АССР. М.: Изд-во АН СССР, 1956. С. 135–175.
8. Иванова Т. И., Кононова Н. П., Николаева Н. В., Чевычелов А. П. Микроорганизмы лесных почв Центральной Якутии // Почвоведение. 2006. № 6. С. 735–740.
9. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д. Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.
10. Jenkinson D. S., Powlson D. S. The effect of biocidal treatments on metabolism in soil. V. A method for measuring soil biomass // Soil Biology and Biochemistry. 1976. Vol. 8, N 3. P. 209–213.
11. Schinner F., Ohlinger R., Kandeler E., Margesin R. Methods in soil biology. Berlin: Springer-Verlag, 1996. 420 p.
12. Anderson T. H., Domsch K. H. Determination of ecophysiological maintenance carbon requirements of soil microorganisms in a dormant state // Biology and Fertility of Soil. 1985. Vol. 1, N 5. P. 81–89.
13. Благодатская Е. В., Ананьева Н. Д., Мякшина Т. Н. Характеристика состояния микробного сообщества почв по величине метаболического коэффициента // Почвоведение. 1995. № 2. С. 205–210.
14. Плохинский Н. А. Биометрия. М.: Изд-во МГУ, 1970. 367 с.
15. Аласные экосистемы: структура, функционирование, динамика / Д. Д. Саввинов, С. И. Миронова, Н. П. Босиков и др. / отв. ред. Ю. В. Ревин. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 2005. 263 с.
16. Ананьева Н. Д., Благодатская Е. В., Демкина Т. С. Пространственное и временное варьирование микробного метаболического коэффициента в почвах // Почвоведение. 2002. № 10. С. 1233–1241.

Biomass of Microorganisms in the Alas Soil of the Territory between the Lena and the Vilyuy

M. V. YAKUTIN, A. N. PUCHNIN*

*Institute of Soil Science and Agricultural Chemistry SB RAS,
630099, Novosibirsk, Sovetskaya str., 18
E-mail: yakutin@issa.nsc.ru*

**Siberian State Academy of Geodesy
630108, Novosibirsk, Plakhotny str., 8*

Features of the profile distribution of the biomass of soil microorganisms, total and specific metabolic activity of this biomass in frost soil of Central Yakutia are studied. Peculiarities of the changes of microbiological characteristics during the evolution of alas ecosystems and soils are analyzed. The effect of a complex of factors on the studies characteristics at different stages of long-term alas succession is evaluated.

Key words: Central Yakutia, soil, alas, biomass of microorganisms, basal respiration, metabolic coefficient.