

## БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ

В статье приведены результаты исследований биологической активности широкого спектра почв юга Дальнего Востока России. Выполнена группировка почв по биогенности верхних (гумусовых) горизонтов и активности минерализационных процессов, которые связаны с трансформацией органического вещества и энергетическими параметрами почв.

**Ключевые слова:** микрофлора, почвы, минерализационные процессы, гумус, энергозапасы почв.

L.N. Shchapova, L.N. Purtova, N.M. Kostenkov

## BIOLOGICAL ACTIVITY OF SOILS IN THE RUSSIAN FAR EAST SOUTH

The research results on the biological activity of the soil wide range in the Russia Far East South are given in article. Soil grouping on the biogenic nature of upper (humus) horizons and the mineralization process activity that are associated with the organic matter transformation and soil energy parameters is carried out.

**Key words:** microflora, soils, mineralization processes, humus, soil energy reserves.

**Введение.** Почвы юга Дальнего Востока (ДВ) России в зависимости от их генезиса, приуроченности к различным типам ландшафтов, складывающихся условий увлажнения и окислительно-восстановительных условий существенным образом различаются в интенсивности протекания микробиологических процессов, что в конечном итоге определяет их экологическое состояние. Важное значение при исследовании микрофлоры почв имеют показатели их биогенности, или обогащенности микроорганизмами [4]. Ранее биогенность основных типов почв юга Дальнего Востока оценивали по суммарному содержанию в почве бактерий на МПА, грибов и актиномицетов. В публикуемой работе, помимо бактерий на МПА, приведен учет численности бактерий на крахмало-аммиачной (КАА) среде. Численность последних довольно значительная в почвах юга ДВ и часто определяет высокие показатели обогащенности почв микроорганизмами. Микроорганизмы, развивающиеся на среде с крахмало-аммиачным агаром (КАА), существенным образом влияют на протекание процессов минерализации органического вещества, что в конечном итоге отражается как на содержании гумуса, так и энергозапасах почв, связанных с его содержанием.

**Цель исследований.** Изучение микробиологической активности почв различных ландшафтов юга ДВ с последующей оценкой их биогенности.

**Объекты и методы исследований.** Объектом исследований послужили почвы автоморфного, полу-гидроморфного и гидроморфного рядов, являющиеся компонентами ландшафтов быстрого и слабосдергянного водообмена: буро-таежные иллювиально-гумусовые, бурые лесные, буро-отбеленные, лугово-бурые с различной степенью оподзоленности и оглеенности, лугово-бурые черноземовидные, луговые глеевые почвы. В работе использованы классификационные названия почв [5]. Запасы энергии, связанные с содержанием гумуса ( $Q_f$ ), рассчитывали по формуле, предложенной Д.С. Орловым и Л.А. Гришиной [8], энергетические параметры почв – затраты энергии на почвообразование ( $Q_1$ ) – по В.Р. Волобуеву [1]. При исследовании изменений в показателях биогенности и биологической активности почв применяли общепринятые в микробиологии методы [6]. Выборку и систематизацию данных по биогенности почв проводили по опубликованным материалам дальневосточных исследователей Г.П. Голодяева [2], В.А. Тильбы [11, 12], З.И. Никитиной [7], Л.Н. Щаповой [13, 14, 15].

**Результаты исследований и их обсуждение.** Характерным признаком всех исследуемых почв является наибольшее количество микроорганизмов в верхних горизонтах по сравнению с другими генетическими горизонтами почвенного профиля. Вниз по профилю численность микроорганизмов очень резко снижается, а в нижних слоях (ВС, С) общее число гораздо меньше по сравнению с верхними горизонтами. Такая закономерность биогенных свойств почв Дальнего Востока обусловлена характером распределения по профилю почв органического вещества, особенностей качественного состава и условий его превращения. Эта связь неоднократно отмечалась в работах Тен Хак Муна [10], Л.Н. Щаповой [15]. Установлено также, что для поверхностных горизонтов почв Дальневосточного региона свойственны более высокие показатели энергозапасов, связанных с органическим углеродом почв [12], и в них происходят наиболее интенсивные процессы трансформации органического вещества, что во многом предопределяет развитие окислительно-

восстановительных процессов. Усиление процессов минерализации органического вещества микрофлорой отражается также и в изменении энергетических параметров поверхностных горизонтов почв, таких, как соотношение затрат энергии на почвообразование и энергии, связанной с содержанием гумуса ( $Q1/Qg$ ) [9]. В связи с этим оценку по биогенности проводили для поверхностных горизонтов почв. Исследовали почвы, являющиеся компонентами ландшафтов свободного и слабосдержанного водообмена, затрудненного водообмена и подчиненных ландшафтов. При исследовании степени обогащенности почв микроорганизмами использовали оценочную шкалу Д.Г. Звягинцева [4].

Почвы, являющиеся компонентами ландшафтов свободного и слабосдержанного водообмена, входили в группы как с бедной, так и с очень высокой биогенностью, и характеризовались различной степенью выраженности минерализационных процессов (табл. 1). Интенсивность минерализационных процессов рассматривалась по соотношению численности микроорганизмов на средах КАА и МПА. Наиболее низкие показатели степени обогащенности микроорганизмами свойственны буро-таежным иллювиально-гумусовым почвам с переменным ОВ-режимом в верхних горизонтах и обусловлены низкими значениями рН ( $pH_c = 2,9$ ). Минерализационные процессы в буро-таежных почвах в целом заторможены. Наиболее напряженно процессы минерализации отмечались только в слое лесной подстилки [13]. Собственно в гумусовых горизонтах наблюдалось резкое снижение всех представителей микрофлоры. Отмечена некоторая заторможенность процессов минерализации в гумусовом и нижележащих горизонтах, что в значительной мере способствовало накоплению гумусовых веществ [5]. В составе гумуса среди гуминовых кислот преобладали "свободные" наиболее подвижные фракции, что в свою очередь приводило к увеличению гумусированности нижележащих горизонтов и способствовало возрастанию показателей энергозапасов (до 2100 млн ккал/га). О заторможенности минерализационных процессов свидетельствовало также низкое соотношение  $Q1/Qg$  до 1,48. При этом численность бактерий, усваивающих минеральные соединения азота, несколько преобладала над численностью бактерий, использующих азот органических соединений.

Бурые таежные иллювиально-гумусовые почвы при высокой насыщенности микроорганизмами характеризовались слабой интенсивностью минерализационных процессов в связи с большим содержанием микроорганизмов, развивающихся за счет утилизации органического вещества (среда МПА).

Для бурых лесных почв, компонентов ландшафтов слабосдержанного водообмена, в основном с бактериальным процессом разложения органического вещества, биогенность возрастила до максимальных показателей, а параметры  $Q1/Qg$  увеличивались до 2,9. Интенсивность минерализационных процессов в бурых лесных почвах слабосдержанного водообмена заметно усиливалась. Для этих типов почв из-за интенсивного развития процессов минерализации органического вещества микрофлорой наблюдалось некоторое снижение энергозапасов почв (до 1162 млн ккал/га).

Таблица 1

**Группировка и оценка почв природных и антропогенных ландшафтов по биогенности верхних (гумусовых) горизонтов**

Почва	Изменение численности микроорганизмов, тыс. КОЕ/г почвы	Группа	Оценка по [4]
1	2	3	4
<b>Ландшафты свободного и слабосдержанного водообмена</b>			
Буро-таежные иллювиально-гумусовые	<u>3100-9200</u> 6100	II	Богатая
Бурые лесные типичные	<u>9300-30400</u> 19800	I	Очень богатая
Бурые лесные слабооподзоленные	<u>8300-13700</u> 11000	II	Богатая
Бурые лесные оподзоленные	<u>11200-17700</u> 14450	I	Очень богатая
Бурые лесные оподзоленно-глеевые	<u>12300-15000</u> 13650	I	Очень богатая

Окончание табл. 1

1	2	3	4
Бурые лесные оподзоленные (пашня)	<u>2200-3500</u> 2850	IV	Бедная
<b>Ландшафты затрудненного водообмена</b>			
Буро-таежные	<u>14800-17800</u> 16300	I	Очень богатая
Буро-подзолистые глееватые (целина)	<u>2800-4700</u> 3750	III	Средняя
Буро-подзолистые глееватые (пашня)	<u>1400-3800</u> 2600	IV	Бедная
Лугово-бурые (целина)	<u>3880-5470</u> 4700	III	Средняя
Лугово-бурые (пашня)	<u>4000-8300</u> 6150	III	Средняя
Лугово-бурые черноземовидные (целина)	18700	I	Очень богатая
Лугово-бурые черноземовидные (пашня)	<u>11800-20300</u> 16100	I	Очень богатая
<b>Подчиненные ландшафты</b>			
Луговые глеевые (целина)	<u>7500-14200</u> 10800	II	Богатая
Луговые глеевые (пашня)	<u>17100-17600</u> 17300	I	Очень богатая
Луговые оподзоленно-глеевые (целина)	<u>10300-12100</u> 11200	II	Богатая
Луговые оподзоленно-глеевые (пашня)	<u>3700-12100</u> 7900	II	Богатая
Перегнойно-глеевые	<u>7880-10900</u> 9400	II	Богатая
Перегнойно-глеевые (пашня)	<u>4300-17600</u> 10900	II	Богатая

Примечание. Над чертой пределы изменения численности микроорганизмов, под чертой – средние значения.

В составе гумуса среди гуминовых кислот преобладали свободные фракции и связанные с подвижными полупротонными окислами. В бурых лесных оподзоленных почвах биогенность достигала высоких значений и почвы характеризовались как богатые и очень богатые микроорганизмами. Происходило это за счет резкого увеличения численности бактерий на средах с минеральными формами азота (КАА), что способствовало усилению минерализационных процессов и выражалось в возрастании показателей Q1/Qг до 7,8. Использование бурых лесных оподзоленных почв под пашню приводило к снижению биогенности почв до низких и средних значений в горизонте Апах, что в значительной мере связано с вовлечением в пахотный слой биологически малоактивного белесого (оподзоленного) горизонта [15]. Для пахотных горизонтов данных типов почв свойственны также низкие параметры энергозапасов (до 373 млн ккал/га) и высокие значения Q1/Qг до 8,4.

Почвы, являющиеся компонентами ландшафтов затрудненного водообмена, характеризуются в основном высокими и средними показателями степени обогащенности микроорганизмами поверхностных горизонтов за счет увеличения численности бактерий, развивающихся на средах с минеральными формами азота (КАА). Однако в данную группу почв входили буро-подзолистые почвы со средними показателями биогенности, обусловленные кислой реакцией среды в их поверхностных горизонтах, существенно ингибирую-

щей развитие бактериальной микрофлоры. Особенно низкие показатели биогенности имели пахотные почвы, которые оценивались как бедные микроорганизмами. Контрастный ОВ-режим в верхней части профиля буро-подзолистых почв и окислительный в нижней, а также развитие процессов оподзоливания, привели к снижению энергозапасов в них (до 708) и увеличению параметров Q1/Qг до 3,95.

К разряду среднеобогащенных микроорганизмами можно отнести лугово-бурые типичные и лугово-бурые оподзоленные почвы (3880–5470 тыс/г на 1 г почвы). Использование лугово-бурых почв под пашню приводит к увеличению их биогенности. Им свойственна высокая биогенность и интенсивно идущие минерализационные процессы. Максимальная численность микроорганизмов и высокая биологическая активность почв отмечены только в верхних почвенных горизонтах. При переходе в осветленный инертный горизонт численность резко сокращается (от 940 до 57 тыс/г почвы).

Лугово-бурые черноземовидные почвы интенсивно насыщены микроорганизмами, микробиологический профиль которых достаточно глубокий. Резкая микробиологическая дифференциация профиля, которую мы наблюдаем в лугово-бурых отбеленных почвах, здесь отсутствует. При использовании лугово-бурых черноземовидных почв под пашню происходят количественные и качественные изменения в микрофлоре, а их биогенность несколько снижается (табл. 1).

В лугово-бурых черноземовидных пахотных почвах создаются более благоприятные условия для развития бактериальной микрофлоры. Для этих типов почв свойственна нейтральная или слабощелочная реакция среды, высокая емкость обмена и значительное содержание фосфора. При этом количество бактерий и актиномицетов по сравнению с целинными аналогами значительно возрастает. Лугово-бурые черноземовидные почвы оценены как очень богатые микрофлорой. Если судить по соотношению бактерий на крахмало-аммиачном агаре (КАА) и МПА, процессы минерализации протекают с недостаточной напряженностью, что обеспечивает большую гумусированность поверхностных горизонтов и их энергетичность (до 753 млн ккал/га). Показатель Q1/Qг при этом составил 3,71.

Почвам подчиненных ландшафтов свойственен резко контрастный окислительно-восстановительный режим в верхних горизонтах. В нижних горизонтах он был преимущественно восстановительным. Характеризуются почвы подчиненных ландшафтов значительной гумусированностью поверхностных горизонтов, фульватно-гуматным типом гумуса и высокими показателями энергозапасов (до 1000 млн ккал/га).

По численному составу микроорганизмов в поверхностных горизонтах эти почвы в основном входили в группу богатую и очень богатую микроорганизмами (табл. 1). В пахотных горизонтах луговых глеевых почв в связи с резким изменением окислительно-восстановительной обстановки значительно возросла численность бактерий и актиномицетов на крахмало-аммиачном (КАА) агаре. Высокое содержание микроорганизмов, развивающихся на КАА и ЭШБИ, и широкое их отношение при сравнении с численностью на МПА говорит об олиготрофности микрофлоры в луговых глеевых почвах [3]. Процессы минерализации органического вещества явно усилились в пахотных почвах подчиненных ландшафтов, что привело к резкому снижению энергозапасов (с 1000 до 400 млн ккал/га), а также возрастанию соотношения Q1/Qг до 6,8.

Луговые глеевые оподзоленные целинные почвы по насыщенности их микроорганизмами относятся к группе почв богатых микрофлорой (см. табл. 1). В составе микрофлоры данных почв преобладали микроорганизмы, развивающиеся за счет источников минерального азота (среда КАА). Большая численность микроорганизмов, утилизирующих минеральный азот, свидетельствует об интенсивно развитых минерализационных процессах в целинных луговых глеевых оподзоленных почвах. Использование в земледелии луговых глеевых оподзоленных почв способствовало сокращению всех групп микроорганизмов и снижению их биогенности в целом [15].

Высокая насыщенность микроорганизмами и интенсивно идущие минерализационные процессы установлены также для перегнойно-глеевых почв, которые оценены как богатые микрофлорой. Использование последних под пашню увеличивает их обогащенность микроорганизмами и усиливает интенсивность минерализационных процессов, что приводит к снижению энергозапасов в перегнойно-глеевых пахотных почвах.

Таким образом, количественные данные по биогенности (степень обогащенности почв микроорганизмами) позволили выделить четыре группы почв и оценить их как очень богатые, богатые, средние и с бедной степенью обогащенности микроорганизмами (табл. 2).

Таблица 2

## Оценка почв по степени обогащенности почв микроорганизмами

Группа	Обогащенность почв, тыс. КОЕ/г почвы	Оценка	Почва
I	>12000	Очень богатая	Бурые лесные Бурые таежные Лугово-бурые черноземовидные Луговые глеевые
II	10000-6000	Богатая	Бурые лесные слабооподзоленные Луговые глеевые целинные Перегнойно-глеевые пахотные
III	6000 - 3000	Средняя	Буро-подзолистые целинные Лугово-бурые целинные, пахотные
IV	< 3000	Бедная	Бурые лесные оподзоленные пахотные Буро-подзолисто-глеевые, пахотные

## Выводы

1. Различия в биогенности почв отразились на процессах трансформации органического вещества и энергетических параметрах самих почв. В пахотных почвах (лугово-бурые, луговые глеевые) прослеживалась тенденция к увеличению биогенности и снижению энергозапасов почв, проявляющихся в усилении процессов минерализации органического вещества и возрастанию соотношения Q1/Qг. В почвах природных ландшафтов относительно низкая биогенность свойственна буро-подзолистым и луговым глеевым почвам, для которых характерны высокие энергозапасы и низкие параметры соотношения Q1/Qг.

2. Учет численности микроорганизмов и оценка биогенности по шкале Д.Г. Звягинцева [4] позволяет расположить исследуемые почвы по степени их обогащенности микроорганизмами в следующий ряд: бурые-таежные, луговые глеевые целинные, лугово-бурые черноземовидные, целинные и антропогенно измененные, луговые глеевые вновь освоенные, бурые лесные естественные и пахотные, лугово-бурые типичные и лугово-бурые отбеленные, бурые отбеленные целинные и бурые отбеленные пахотные. Почвы различались по интенсивности минерализационных процессов или по их биологической активности. В целом большинство почв Дальневосточного региона приурочено к группе почв с богатым содержанием микроорганизмов.

## Литература

1. Волобуев В.Р. Введение в энергетику почвообразования. – М.: Наука, 1974. – 128 с.
2. Голодяев Г.П. К характеристике биологических процессов в буро-подзолистых почвах // Генезис бурых лесных почв. – Владивосток, 1972. – Т. 10. – С. 147–150.
3. Добровольская Т.Г. Структура бактериальных сообществ почв. – М.: Академкнига, 2002. – 283 с.
4. Звягинцев Д.Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей // Почвоведение. – 1978. – № 6. – С. 48–54.
5. Иванов Г.И. Почвообразования на юге Дальнего Востока. – М.: Наука, 1976. – 199 с.
6. Методы почвенной микробиологии и биохимии /под ред. Д.Г. Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1991.
7. Никитина З.И., Матвеева Н.В., Тен Хак Мун. Микробиологические исследования некоторых почв Приморья // Сообщения ДВФ СО АН СССР. – 1962. – Вып. 15. – С. 59–64.

8. Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса. – М.: Изд-во МГУ, 1981.
9. Пуртова Л.Н., Костенков Н.М. Содержание органического углерода и энергозапасы в почвах природных и агрогенных ландшафтах юга Дальнего Востока России. – Владивосток: Дальнаука, 2009. – 121 с.
10. Тен Хак Мун. Микробиологические процессы в почвах островов Притихоокеанской зоны. – М.: Наука, 1977. – 180 с.
11. Тильба В.А. Динамика микроорганизмов в некоторых почвах Приморья // Тр. БПИ ДВФ АН СССР. – Владивосток, 1967. – С. 108–110.
12. Тильба В.А., Голодяев Г.П. Микробиологические исследования некоторых почв под посевами сои на Дальнем Востоке // Науч.-техн. бюл. СО АН СССР. – Новосибирск, 1975. – 65 с.
13. Щапова Л.Н. О влиянии режимов увлажнения на микрофлору бурых таежных и бурых лесных почв Приморья // Водоохранное значение лесов. – Владивосток, 1974. – С. 150–151.
14. Щапова Л.Н., Дмитренко Т.И. Микрофлора почв Центральной части бассейна р. Селемджа // Генезис, химия и биология почв Приморья и Приамурья. – Владивосток, 1987. – С. 178–187.
15. Щапова Л.Н. Микрофлора почв юга Дальнего Востока России. – Владивосток, 1994. – 186 с.



УДК 631.41

Н.Г. Рудой

## ГРАДАЦИИ ПОДВИЖНЫХ ФОСФАТОВ В ПОЧВАХ СРЕДНЕЙ СИБИРИ

В статье дана критическая оценка агрохимического картирования пашни в восточной части Красноярского края (Средняя Сибирь). По мнению автора, местная шкала построена по материалам 35 полевых опытов, в 24 из которых пшеница не прореагировала на внесение суперфосфата. Результаты всех опытов необоснованно преобразованы. Использование фальшивой шкалы в несколько раз завышает площадь земель, нуждающихся в фосфорных удобрениях.

**Ключевые слова:** шкала, подвижный фосфор, суперфосфат, опыты, Средняя Сибирь.

N.G. Rudoi

## MOBILE PHOSPHATEGRADATION IN THE CENTRAL SIBERIASOILS

The critical assessment of the ploughed field agrochemical mapping in the Krasnoyarsk Territory eastern part (Central Siberia) is given in the article. According to the author, the local scale is designed on the materials of 35 field experiments, in 24 of which the wheat didn't react to the superphosphate introduction. The results of all experiments are unreasonably transformed. The false scale use overstates the area of the lands needing phosphoric fertilizers byseveral times.

**Key words:** scale, mobile phosphorus, superphosphate, experiments, Central Siberia.

С 1968 г. агрохимическое картирование пашни в Красноярском крае выполняется по «Рабочей инструкции...» [1] для зональных агрохимлабораторий. Для почв западной части края оставлены авторские шкалы содержания в почве подвижного фосфора по методам анализа Чиркова и Кирсанова. Для почв восточной части края установлены местные шкалы. Для чернозёмов они основаны на материалах полевых опытов [1]. В инструкции и публикациях авторов местных шкал не упоминается об опытах, которые должны были бы использоваться в создании местной шкалы для серых лесных почв.

В местной шкале для почв восточной части края содержание фосфатов (по методу Чиркова) превышает значения авторской шкалы в первом классе в 4 раза, во втором – в 3, в третьем – в 2 раза! Для двух классов (5-, 6-го) добавлены новые интервалы – 25–30 и > 30 мг Р<sub>2</sub>O<sub>5</sub> на 100 г почвы. В местной шкале фосфатов (по Кирсанову) для серых лесных почв также показатели классов увеличены в 2–3 раза относительно авторской шкалы.