

## ВЛИЯНИЕ ПАЛЕОКРИОГЕННОГО МИКРОРЕЛЬЕФА НА СВОЙСТВА СОВРЕМЕННЫХ ЧЕРНОЗЁМОВ ЗАКАЗНИКА «КАМЕННАЯ СТЕПЬ»\*

© 2009 Л.А. Гугалинская<sup>1,2</sup>, Л.А. Иванникова<sup>1,2</sup>, А.Г. Кондрашин<sup>1</sup>,  
Д.А. Попов<sup>2</sup>, В.М. Алифанов<sup>1,2</sup>.

<sup>1</sup> Пушчинский государственный университет

<sup>2</sup> Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН

Факторный анализ свойств чернозёмов заказника «Каменная степь» показал, что актуальные процессы почвообразования находятся под воздействием последовательного ряда следующих показателей: биологического, состава почвенного поглощающего комплекса, микрорельефа.

Ключевые слова: черноземы, заказник, почвообразование

Известно, что почва является гетерогенной средой, свойства которой могут существенно изменяться под влиянием различных факторов как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении. Изучение закономерностей формирования почвенных свойств необходимо для понимания и оценки биосферной функции почвенного покрова [2]. Физико-химические и биологические свойства и их пространственная неоднородность чаще всего определяется микрорельефом, который влияет на распределение педогенетических градиентов, продуктивность растительности, количество поступающего в почву органического вещества и другие биофильные функции [8].

**Целью работы** является изучение распределения в почвенном профиле чернозема под лесополосой, целиной и пашней физико-химических и биологических свойств в зависимости от микрорельефа и выявление наиболее существенных показателей, влияющих на современное формирование свойств почвенного профиля.

**Объекты и методы.** Исследования проводились на территории заказника

---

*Гугалинская Любовь Анатольевна, доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник. E-mail: gugali@rambler.ru*

*Иванникова Людмила Алексеевна, кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник. E-mail: laiva\_ab@mail.ru*

*Кондрашин Александр Геннадьевич, аспирант*

*Попов Дмитрий Алексеевич, аспирант*

*Алифанов Валерий Михайлович, доктор биологических наук, профессор, проректор. E-mail: alifanov\_v@mail.ru*

«Каменная степь», расположенного на юго-востоке Воронежской области. Детальные исследования, проведенные В.М. Алифановым с соавторами [1, 2] показали, что данная территория имеет четко выраженный палеокриогенный микрорельеф, сформированный позднеледниковыми (17-15 тыс. л.н.) палеокриогенными процессами. Палеокриогенный микрорельеф представляет собой систему блоковых повышений (блоков) и межблочных понижений (межблочий) с относительными превышениями блоков над межблочьями 20-40 см. Размеры блоков на водоразделах составляют 15-20 м. Исследованы три ключевых участка: на пашне, целине и лесополосе. На наиболее выраженных элементах системы палеокриогенного микрорельефа (блок – межблочье) закладывались почвенные разрезы глубиной 2-3 м или траншеи, вскрывающие почву от середины блока до середины межблочья.

Анализ физико-химических характеристик проводился с использованием традиционных методов в химико-аналитической группе ИФХиБПП РАН (рук. к. с-х. н. И.И. Скрипниченко). Биологическую активность (БА) определяли по результатам инкубации в специальных камерах, обеспечивающих равновесие внутреннего и внешнего давления газовой фазы с постоянным учетом выделяющегося CO<sub>2</sub> в течении 50 суток при температуре 22°C и влажности 60% от полной капиллярной влагоёмкости [3, 4].

**Результаты морфогенетического исследования.** Анализ результатов морфо-

генетического исследования разрезов, заложенных на каждом элементе палеокриогенного микрорельефа в системе блок-межблочье на исследуемых ключевых участках позволил выделить ряд особенностей:

- самые значительные изменения, связанные с микрорельефом, происходят с гумусовой частью профиля почвы. Суммарная мощность гумусовых горизонтов на блочном повышении составляет около 100 см, в межблочном понижении – около 50 см. Гумусовый горизонт почв блочного повышения более светлый по сравнению с гумусовым горизонтом почв в межблочном понижении;

- в почвах присутствует отчетливо выраженный второй гумусовый горизонт (ВГГ) мощностью около 40 см;

- в межблочном понижении ВГГ перекрывается охристым железисто-иллювиальным горизонтом, то есть V<sub>f</sub> присутствует только в межблочных понижениях;

- окремневшие карбонатные конкреции на блоке приурочены к верхней части погребенной почвы, в межблочном понижении верхняя граница ареала конкреций опускается в нижнюю часть погребенной почвы;

- горизонты В2са и В3са существенно (в 1,5 раза) увеличивают свою мощность в межблочном понижении.

Погребенная почва (ПП) залегает на глубине 1,5-2 м практически горизонтально, независимо от микрорельефа на поверхности. Отличительная особенность погребенной почвы – её сильный криоморфизм: языками-клиньями, выполненными светлым лёссовидным материалом вышележащего гор. В3са, она разбита на отдельные вытянутые по вертикали залинки. В местах скопления языков-клиньев в результате перераспределения материала современная дневная поверхность оказалась опущенной на несколько десятков сантиметров с образованием межблочного понижения.

**Результаты физико-химических исследований.** На ключевом участке, заложенном на целине, содержание и распределение  $C_{org}$  по профилю почвы блока и межблочья различаются заметно. Снижение содержания  $C_{org}$  с глубиной на блоке более плавное по сравнению с межблочьем, где содержание  $C_{org}$  (в верхних 3-5 см) более чем в 1,5 раза превышает таковое в почве на блоке, однако уже на глубине около 20 см содержание  $C_{org}$  в почве межблочного понижения

становится меньше, чем в почве на блоке (рис 1).

В черноземе под лесополосой и на пашне количество и распределение  $C_{org}$  в гумусовом горизонте в межблочье сходное. Распределение  $C_{org}$ , на блоках под лесополосой отличается от такового на блоках на других ключевых участках более низким его содержанием в верхних 50 см (в среднем 2,8%) и более плавным уменьшением до глубины около 1 м (0,7%). По сравнению с целинным черноземом, чернозем на пашне характеризуется меньшим содержанием  $C_{org}$  в верхних горизонтах почвы (около 4%) и более постепенным снижением его содержания с глубиной.

**Результаты исследования биологической активности почв.** Распределение БА по профилям чернозема пашни, целины и лесополосы в системе блок-межблочье представлено на рис 2. Показано, что вместе с  $C_{org}$  вниз по профилю почв происходит снижение биологической активности, что согласуется с литературными данными [6]. Количество продуцируемого  $C-CO_2$  в верхних горизонтах составляло 20-30, 70-80, 90-100 мг/100 г почвы для пахотного, целинного и чернозема лесополосы соответственно.

Гумусовый горизонт чернозема межблочья в лесополосе отличается большей скоростью продукции  $C-CO_2$ . При этом происходит более быстрое ее уменьшение и в течение инкубации, и с глубиной. Уменьшение скорости выделения  $CO_2$  со временем инкубации связано с исчерпанием энергетически доступного органического материала, что отмечается и в других исследованиях [7]. В нашем эксперименте уменьшение скорости выделения  $CO_2$  обусловлено утилизацией отмершей в результате эффекта высушивания микробной биомассы [8]. В целом характер изменения БА соответствует содержанию в профилях органического вещества. Однако следует отметить, что в лесополосе в нижней части профиля чернозема на блоке количество  $C_{org}$  существенно ниже (0,05-0,07%), чем в соответствующих горизонтах чернозема в межблочье (0,2-0,3%), при том, что по количеству образующегося  $CO_2$  эта часть профиля на разных элементах микрорельефа различается в значительно меньшей степени. Возможно, что в лесополосе в нижней части профиля образование  $CO_2$  обусловлено не только биологическими процессами.

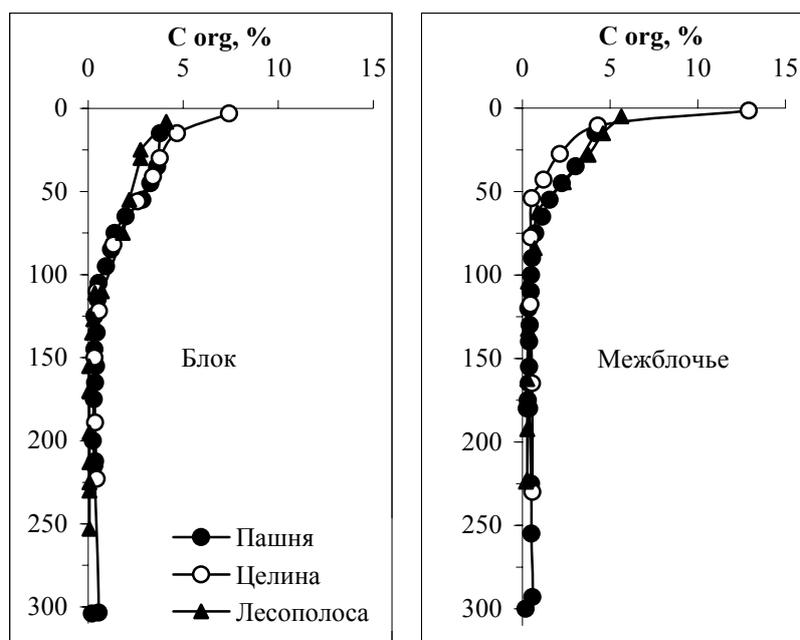


Рис. 1. Распределение по профилю черноземов общего органического углерода ( $C_{org}$ )

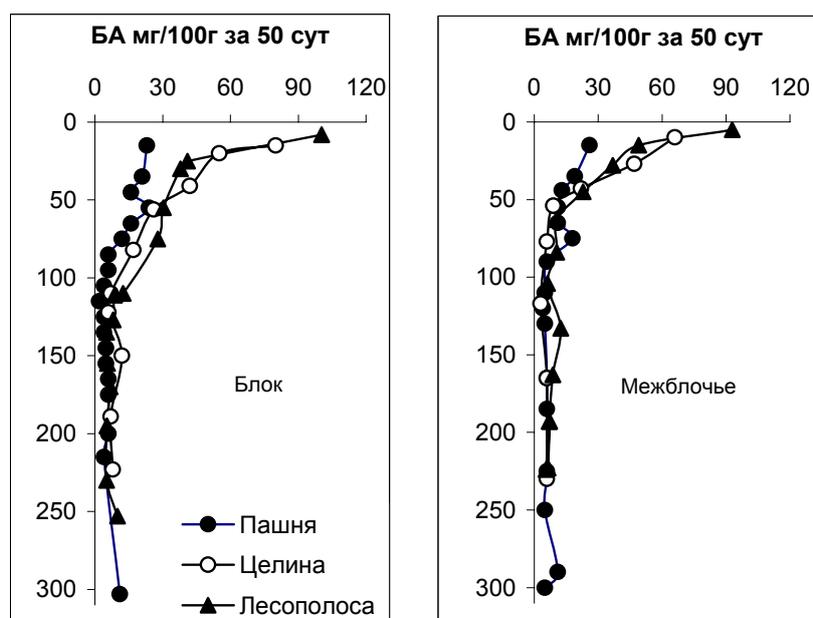
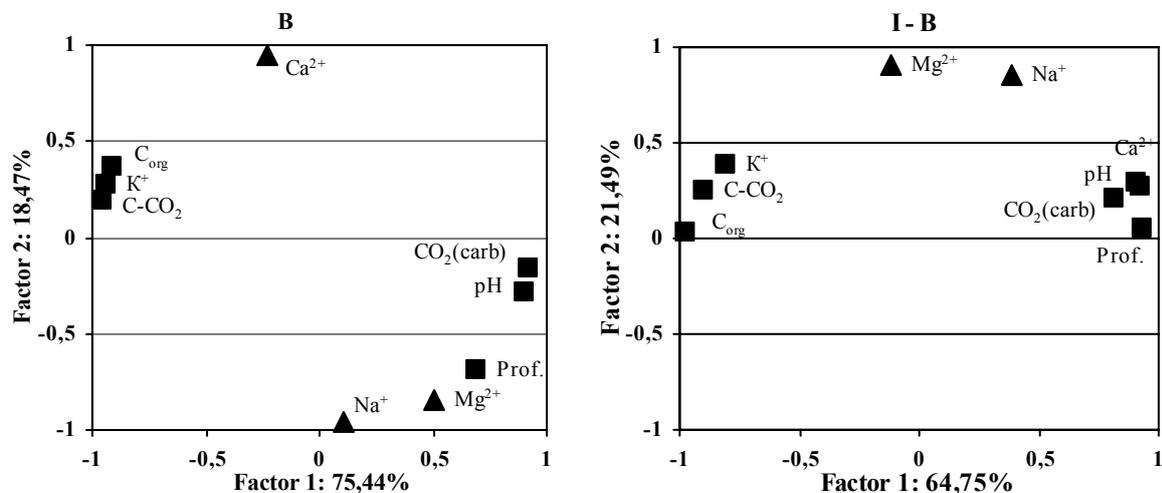


Рис. 2. Изменение биологической активности в профиле черноземов, суммарная за 50 суток.

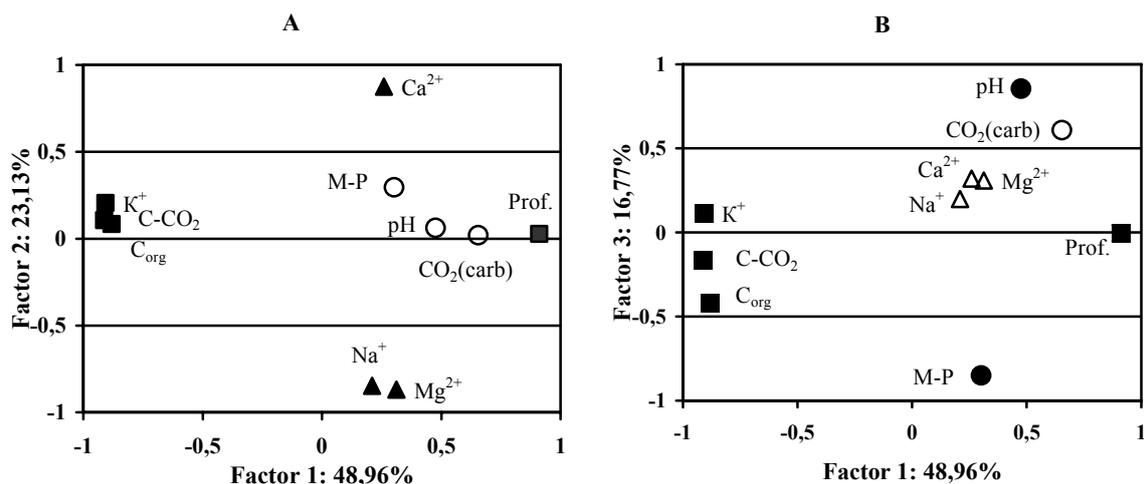
**Результаты факторного анализа.** Для изучения влияния микрорельефа на современные свойства почв как наиболее представительный был выбран ключевой участок в лесополосе. Нагрузка на первый фактор составляет на блоке около 75%, в межблочье – 65%, а на второй фактор 18 и 21% соответственно. На рис. 3 показана ориентация различных показателей по двум факторам. На блочном повышении под влиянием первого фактора (по горизонтали) группируются, с одной стороны, такие показатели как значение pH и содержание карбонатов, с другой

стороны содержание органического углерода, обменного калия и продуцирование  $CO_2$ . Таким образом, на блоке по первому фактору распределены свойства, имеющие ярко выраженную дифференциацию по профилю почвы. При этом значения одних свойств увеличиваются с глубиной, а других – уменьшаются. По вертикали под влиянием второго фактора, имеющего меньший вес, находятся обменные основания (кальций, магний, натрий), то есть, второй фактор определяет свойства, имеющие отношение к почвенному поглощающему комплексу.

Примерно так же выглядит структура взаимосвязи различных показателей в профиле чернозема в межблочье, за исключением более выраженной дифференциации по профилю



**Рис. 3.** Структура взаимосвязи свойств черноземов на блочном повышении (В) и межблочном понижении (I – В). (Факторный анализ методом главных компонент: ■ - ориентированные по фактору 1, ▲ - ориентированные по фактору 2).



**Рис. 4.** Влияние микро рельефа на структуру взаимосвязи различных свойств черноземов. (Распределение показателей (А) по первому - ■ и второму - ▲ фактору, (В) - по первому - ■ и третьему - ● фактору. Закрашенные маркеры имеют достоверную связь).

Основная нагрузка приходится на первый фактор и составляет примерно 49%. На второй и третий фактор нагрузка распределась более равномерно (23 и 17% соответственно). Суммарная нагрузка на основные факторы составила 89%. На рис. 4 показана группировка свойств по первому и второму фактору (А) и по первому и третьему фактору (В). Из рисунка следует, что первый фактор, характеризующий дифференциацию свойств по профилю, имеет наибольший вес и к нему приурочены свойства, непосредственно связанные с биологическими процессами ( $C_{org}$ ,  $C-CO_2$  и  $K^+$ ), поэтому показатели

кальция. При включении в анализ параметра микро рельефа количество выявленных значимых факторов увеличивается до 3 (рис. 4).

свойств уменьшаются с глубиной. Второй фактор оказывает влияние в основном на содержание в профиле обменных оснований (кальция, магния и натрия), мы определили его как ответственный за состав почвенно-поглощающего комплекса. При расположении свойств почв в соответствии с первым и третьим факторами, где третий фактор связан с влиянием микро рельефа, было определено, что от микро рельефа зависит реакция почвенной среды, т.е. величина рН, и очень близко с ней связанное содержание  $CO_2$  карбонатов.

**Выводы:** в работе приведена количественная оценка влияния отдельных факторов анализа на педогенетическую дифференциацию различных современных свойств черноземов на разных элементах микрорельефа. Статистически найдено, что в пределах одинаковых климатических условий, на одних и тех же почвообразующих породах 90% свойств почвенного профиля под лесополосой определяется следующими факторами:

- биологическим, непосредственно связанным с растительностью и определяющим наиболее дифференцированные по профилю свойства почвы ( $C_{org}$ , БА,  $K^+$ ). Этот фактор наиболее весом, на него приходится около 50% факторной нагрузки;

- почвенным поглощающим комплексом, определяемым составом обменных оснований, на который приходится около 23% факторной нагрузки;

- микрорельефом, определяющим, по видимому, условия протекания современных физико-химических процессов, составляющих примерно 17% факторной нагрузки, которые находят отражение в таких показателях как реакция среды и содержание карбонатов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Алифанов, В.М. Палеогидроморфизм, палеокриогенез и морфолитопедогенез черноземов / В.М. Алифанов, Л.А. Гугалинская // Почвоведение. – 2005. - № 3. – С. 309-315.
2. Алифанов, В.М. Палеокриогенные особенности морфогенеза черноземов Каменной степи / В.М. Алифанов, Л.А. Гугалинская, Р.А. Антошечкина, Е.А. Черепянова // Почвоведение. – 2001. - № 8. – С. 909-917.
3. Добровольский, Г.В. Значение почв в сохранении биоразнообразия // Почвоведение. – 1996. - № 6. – С. 694-698.
4. Заварзин Г.А. Лекции по природоведческой микробиологии. М.: Наука, 2004. – 348 с.
5. Иванникова, Л.А. Способ определения минерализации органических веществ в почве по количеству продуцируемого  $CO_2$  // Методы исследований органического вещества почв. Владимир. – 2005. – С. 376-385.
6. Fang, C. The dependence of soil  $CO_2$  efflux on temperature / C. Fang, J.B. Moncrieff // Soil Biology and Biochemistry. – 2001. – V. 33. – P. 155-165.
7. Stenrod, M. Spatial variability of glyphosate mineralization and soil microbial characteristics in two Norwegian sandy loam soils as affected by surface topographical features / M. Stenrod, M.-P. Charnay, P. Benoit, O.M. Eklo // Soil Biology and Biochemistry. – 2006. – V. 38. – P. 962-971.
8. Wu, J. The proportional mineralisation of microbial biomass and organic matter caused by air-drying and rewetting of a grassland soil / J.Wu, P.C. Brookes // Soil Biology and Biochemistry. – 2005. – V. 37. – P. 507-515.

\* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (08-04-00331), Программы Президиума РАН (№15), Программы «Научный потенциал высшей школы» (код 1109) и Тематического плана Рособразования (1.3.08.).

## INFLUENCE OF PALEOCRYOGENIC MICRORELIEF ON PROPERTIES OF MODERN BLACK EARTH IN THE PROTECTION REGIME «KAMENNAYA STEPPE»

© 2009 L.A. Gugalinskaya<sup>1,2</sup>, L.A. Ivannikova<sup>1,2</sup>, A.G. Kondrashin<sup>1</sup>,  
D.A. Popov<sup>2</sup>, V.M. Alifanov<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Puschino State University

<sup>2</sup> Institute of Physical, Chemical and Biological Problems of Agrology RUS

Factor analysis of black earth properties in the protection regime « Stone steppe » has shown, that actual processes of soil formation are under influence consecutive of some following parameters: biological, a compound of an edaphic absorbing complex, a microrelief.

Key words: black earth, protection regime, soil formation

*Lyubov Gugalinskaya, Doctor of Biology, Professor, Chief Research Fellow. E-mail: gugali@rambler.ru*  
*Lyudmila Ivannikova, Candidate of Biology, Associate Professor, Senior Research Fellow. E-mail: laiva\_ab@mail.ru*  
*Alexander Kondrashin, Graduate Student*  
*Dmitriy Popov, Graduate Student*  
*Valeriy Alifanov, Doctor of Biology, Professor, Prorector*