

## Оценка скорости континентального осадконакопления при формировании белгородской почвенно-осадочной последовательности

© 2017. А. С. Керженцев<sup>1</sup>, д. б. н., профессор, гл. н. с.,  
В. Е. Остроумов<sup>2</sup>, с. н. с.,

<sup>1</sup>Институт фундаментальных проблем биологии РАН,  
142290, Московская область, г. Пущино, ул. Институтская, 2,

<sup>2</sup>Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, 142290,  
Московская область, г. Пущино, ул. Институтская, 2,  
e-mail: kerzhent@rambler.ru, v.ostroumov@rambler.ru

Приводится интерпретация данных о строении почвенно-осадочных толщ Среднерусской возвышенности, вскрытых разрезами участка Ямская степь (заповедник Белогорье) и Александровский. По морфологическим признакам установлены эволюционные изменения ландшафтных условий во время формирования толщ в позднем плейстоцене – голоцене. На основании радиоуглеродных датировок определены скорости осадконакопления, характерное значение которых соответствует порядку 0,1 мм/год. Показано, что основным источником осадочного материала и нарастания толщи осадков являются отходы метаболизма экосистем, формируемые в процессе почвообразовательной трансформации опада, подстилки и гумуса с образованием отходов в форме глинистых кутан, железо-марганцевых и карбонатных конкреций, вторичных и первичных минералов, которые превращаются в седименты осадочных пород. За истекший период голоцена (10 тыс. лет) накопилось 420 см осадков, слои которых менялись в соответствии со сменой природных зон по мере снижения влияния отступающего ледника: тундра, тайга, хвойно-широколиственные леса, лесостепи, степи. Стабильные условия климатического оптимума с настоящими степями и типичными черноземами установились на данной территории 5500 лет назад. За это время накопилась толща лессовидных суглинков 220 см. Полученные оценки скорости накопления осадка подтверждают целесообразность учета континентального осадконакопления при описании механизмов формирования почвенно-осадочных последовательностей.

**Ключевые слова:** почвенно-осадочная последовательность, почвообразование, осадконакопление, чернозём, почвенный криогенез, возраст почв, остаточные продукты почвообразования, поздний плейстоцен, голоцен.

## Estimation of the continental sedimentation rate in the Belgorod soil-sediment sequence

A. S. Kerzhentsev<sup>1</sup>, V. E. Ostroumov<sup>2</sup>,

<sup>1</sup> Institute of Fundamental Problems of Biology, Russian Academy of Sciences,  
2 Institutskaya St., Pushchino, Moscow region, Russia, 142290,

<sup>2</sup> Institute of Physicochemical and Biological Problems of Soil Science,  
Russian Academy of Sciences,

2 Institutskaya St., Pushchino, Moscow region, Russia, 142290,  
e-mail: kerzhent@rambler.ru, v.ostroumov@rambler.ru

Authors interpret the data on the soil and sedimentary strata of the Central Russian Up-land (key sites Alexandrovsky and Yamskaya steppe, Belogorie reserve). We used the soil morphology data to reconstruct the evolutionary changes of the environment during the late Pleistocene and Holocene. The sedimentation rate was calculated using a linear approximation of the radiocarbon data. Typical values of the sedimentation rate are of the order of 0.1 mm/year. It was shown that the main source of sediment and sediment layer growth are residual products of soil formation formed in the process of tree waste, forest litter, and humus transforming into clay cutans, ferromanganese nodules and calcareous murrans, original and secondary minerals which turn into sedimentary rocks. During Holocene (10000 years) 420 sm sediment accumulated, their layers changed with the change of natural zones in course of decreasing impact of retreating glacier: tundra, taiga, coniferous broadleaved forest, forest steppe, steppe. Stable climatic optimum with real steppes and typical chernozem established on the territory 5500 years ago. Within this period of time 220 sm layer of loess loam

got accumulated there. The residuals appear inside the soil profile during transformation of litter, soil-forming rocks, and mineral eolian sediment. The estimated sedimentation rate can be used to describe the mechanisms of formation of soil-sedimentary sequences.

**Keywords:** soil-sedimentary sequence, soil formation, sedimentation rate, chernozem, soil cryogenesis, soil age, soil residuals, late Pleistocene, Holocene.

Для участников полевой экскурсии VII съезда Общества почвоведов им. В. В. Докучаева и Всероссийской с зарубежным участием научной конференции «Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны» (Белгород, 15–22 августа 2016 г.) в заповеднике Белогорье в урочище Ямская степь организаторы подготовили уникальный разрез сложноорганизованной почвенно-осадочной последовательности. Разрез находится на водоразделе между сухими (без постоянных водотоков) ложбинами на водосборной площади притоков р. Оскол. Его детальное описание, проиллюстрированное фотографиями, представлено в [1]. Почвенно-осадочная толща, вскрытая разрезом до глубины в 6,5 м, сформирована в течение последнего климатического макроцикла (~150 тыс. лет назад), то есть в позднем плейстоцене и голоцене. Разрез обеспечивает прекрасный обзор всех деталей обнажения, а приведённые описания, результаты анализов и радиоуглеродные датировки позволяют оценить скорость поступления осадочного вещества на поверхность и рассмотреть её изменения на протяжении позднего плейстоцена – голоцена. В настоящее время белгородская почвенно-осадочная последовательность развивается как открытая динамическая система в природно-техногенном комплексе [2], и описание её динамики требует учёта темпов осадконакопления и гипергенетической трансформации осадочного вещества.

По данным радиоуглеродного датирования гумус верхнего горизонта чернозёма (0–20 см) имеет калиброванный возраст  $800 \pm 80$  лет. Наиболее древний датированный образец с глубины 230 см в этой почвенно-осадочной толще имеет радиоуглеродный возраст  $28781 \pm 379$  лет [1]. Эти данные позволяют по простой линейной зависимости оценить среднюю скорость поступления осадочного вещества в  $0,079$  мм/год. Такая оценка не учитывает возможных изменения скорости осадконакопления, его перерывов и эрозионных этапов развития толщи, однако даёт возможность представить себе темпы преобразования поверхности в условиях платформенного развития.

Самый нижний слой вскрытой толщи (600–650 см) представлен песчаными отложениями олигоцена [1]. На них залегают палеопочва микулинского межледниковья мощностью 180 см (420–600 см) с явными признаками криогенеза. Светлые тона окраски материала вышележащего слоя позволяют предположить, что это элювиальный горизонт, сформированный в эпоху вытаивания повторных ледовых покровов. Положение в стратиграфической последовательности и форма границ показывают, что время формирования слоя совпадает с отступанием последнего поздневалдайского (осташковского) оледенения.

Слой 600–420 см также формировался в условиях активного криогенеза. Об этом говорят округлённые очертания полигональных блоков и заполненные органическим веществом полигональные трещины. Обилие погребённого органического вещества может быть результатом накопления торфа торфяно-болотными почвами. По данным [3], накопление торфа происходит со скоростью  $0,15–0,30$  мм/год. В метаболизме болотных экосистем торф превращается в сапрпель, а сапрпель в глей – остаточную минеральную массу глинистого мехсостава. Если принять минимальную скорость прироста торфа  $0,15$  мм/год, а скорость его превращения в сапрпель и глей  $0,1$  мм/год, то просто вычислить, что слой толщиной 180 см (600–420 см) мог накопиться в течение 18000 лет. Его накопление началось 28500 лет назад. Возможно, что углерод именно этого времени, пройдя несколько циклов метаболизма разных типов экосистем, оказался в составе гумуса в слоях с радиоуглеродными датировками 25–28 тыс. лет. Совпадение дат позволяет оценить скорость образования остаточных продуктов в системе торф – сапрпель – глей в  $0,1$  мм/год.

Ранневалдайские педиседименты участка Ямская степь, очевидно, синхронны с селиховодворским лёссом и с фрагментами стрелецкой палеопочвы разреза Александровский. Александровский разрез – опорный для позднего плейстоцена перигляциальной области Среднерусской возвышенности [4, 5]. Его расположение в соседстве с участком

Ямская степь (в 120 км к СЗ), принадлежность обоих участков к общему тектоническому линейamentу, а также геоморфологическое сходство дают возможность сопоставить почвенно-осадочные образования участков и историю их формирования. Наиболее ранняя радиоуглеродная дата в разрезе александровской толщи ( $49500 \pm 520$  лет назад) относится к средневалдайской интерстадиальной почве, залегающей на глубине 380–420 см [5]. В почвенно-осадочной последовательности Ямской степи этому времени соответствует один из педиседиментов в диапазоне глубин 220–260 см. Выше по разрезу александровской толщи следуют тускарский оглеённый лёсс и почва брянского межстадиального времени. Ранний и поздний ритмы брянской почвы в разрезе Ямской степи ( $28781 \pm 379$  и  $25113 \pm 355$  лет назад) близки ко времени брянского межстадиала Александровского разреза ( $33140 \pm 230$  лет назад). Александровский лёсс поздневалдайского времени, содержащий делли, имеет датировки  $11140 \pm 190$  и  $12200 \pm 180$  лет назад [5]. В толще Ямской степи александровскому поздневалдайскому лёссу соответствуют нижние горизонты профиля чернозёма.

Радиоуглеродные даты в Александровском разрезе (рис. 1) позволяют оценить скорость поступления осадочного материала на поверхность в средне-верхневалдайское время. Зависимость возраста осадка от времени здесь не содержит признаков инверсии, перерывов в осадконакоплении и других проявлений

неравномерности поступления осадочного вещества на поверхность. Форма зависимости близка к линейной. Это позволяет линейной аппроксимацией найти скорость осадконакопления, которая оставляет  $0,112$  мм/год.

Белгородскую почвенно-осадочную последовательность на участке Ямская степь венчает профиль чернозёма. Многочисленные материалы, обобщённые в труде [6], «однозначно указывают на «нормальное» развитие чернозёмов – рост гумусового профиля вглубь почвообразующей породы – как на наиболее приемлемый, не противоречащий наблюдаемым фактам вариант генезиса этих почв. Гипотеза палеогидроморфизма и эолового роста профиля вверх не находят (так в тексте оригинала) подтверждения в ряде свойств и их изменений во времени» (с. 131). Гипотезе «нормального» развития чернозёма вполне соответствуют представления о миграционно-мицеллярном происхождении карбонатного профиля чернозёмов Ямской степи [1].

По гипотезе [7], многие дневные почвы возникали в ходе континентального осадочного процесса при синхронной трансформации осадочного вещества под влиянием факторов почвообразования (гипотеза нарастания профиля вверх). Подтверждены высказанные ранее суждения [8–10] о почвенном происхождении лёссов. Гипотеза Неуструева – Личкова – Берга о происхождении почвенно-осадочных толщ наиболее полно объясняет формирование белгородской последовательности в целом и входящих в нее почвенных профилей.

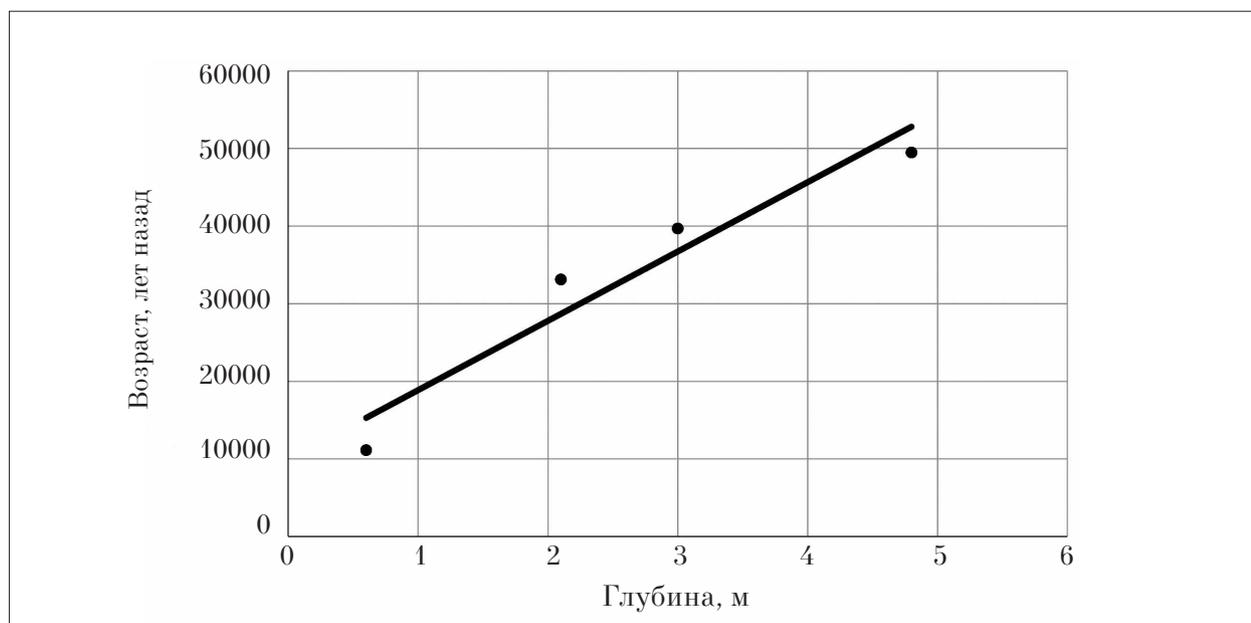
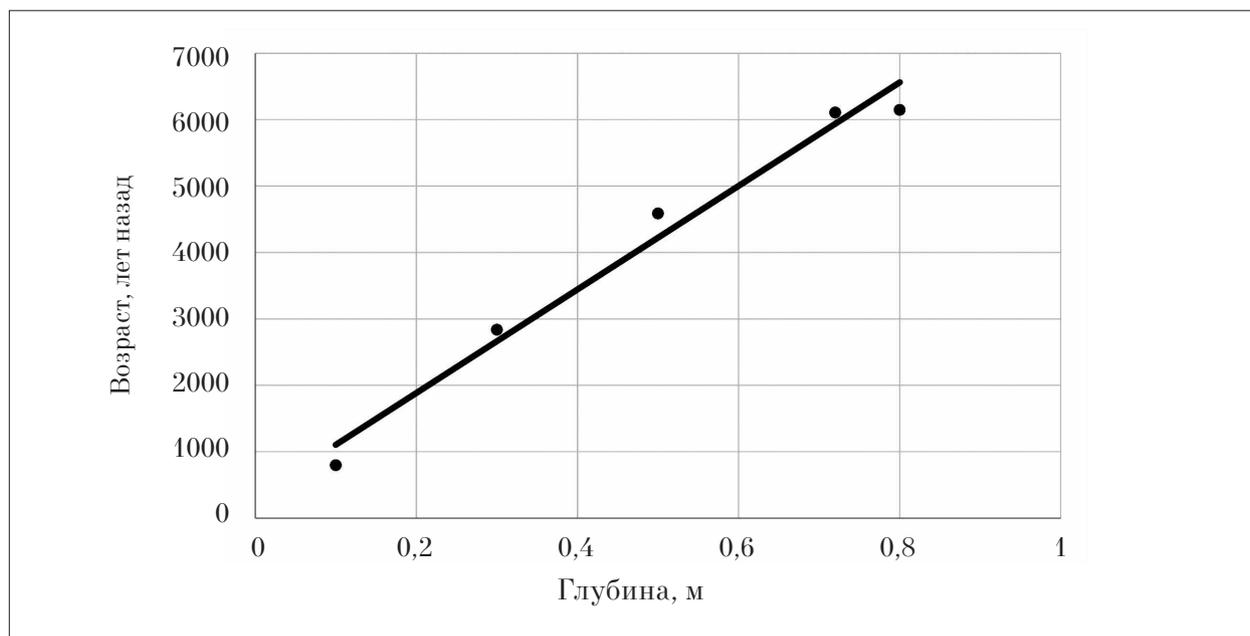


Рис. 1. Возраст осадков опорного разреза Александровский по радиоуглероду в околоредельной области по [5]. Средняя скорость осадконакопления  $0,112$  мм/год



**Рис. 2.** Возраст гумуса в профиле чернозёма на участке Ямская степь по данным [4]. Средняя скорость осадконакопления, вычисленная по линейному уравнению, составляет 0,128 мм/год

По гипотезе «нормального» развития подвижные органические вещества постепенно пропитывают профиль чернозёма, так что наиболее подвижные легкие фракции гумуса проникают на большие глубины. Если подвижность гумуса не зависит от его возраста, то постоянное пропитывание почвообразующей толщи должно привести к образованию профиля гумуса с одинаковым по глубине возрастом. Это предположение проверяется по данным радиоуглеродного возраста чернозёма белгородской почвенно-осадочной последовательности. На рисунке 2 показаны датировки гумуса в профиле этой почвы. Наблюдается увеличение возраста гумуса с глубиной. На графике зависимости возраста гумуса от глубины это увеличение имеет постепенный характер. Как и в случае более древних образований Александровского разреза (рис. 1), признаки инверсии или перерывов в осадконакоплении здесь (рис. 2) отсутствуют. Форма зависимости возраста гумуса чернозёма от глубины близка к линейной. Скорость осадконакопления, вычисленная по данным рисунка 2 (0,128 мм/год), не отвергает справедливости гипотезы образования чернозёма за счёт нарастания вниз. Однако при такой скорости 40 тысяч лет достаточно для накопления слоя осадка мощностью в 5,1 м. Это подтверждает целесообразность учёта роли осадконакопления в формировании почвенного профиля.

Получены следующие оценки скорости накопления осадочного материала при фор-

мировании белгородской почвенно-осадочной последовательности:

- 0,079 мм/год в среднем для датированного фрагмента толщи на участке Ямская степь;
- 0,1 мм/год для системы торф – сапропель – глей в слое, подстилающем дневную чернозёмную почву в том же разрезе;
- 0,112 мм/год в осадках средне- и поздневалдайского возраста в разрезе Александровский;
- 0,128 мм/год в профиле чернозёма в почвенно-осадочной последовательности участка Ямская степь.

Близость полученных значений позволяет считать величины порядка 0,1 мм/год характерными для скорости осадконакопления Среднерусской возвышенности в позднем плейстоцене – голоцене. В рамках гипотезы [6, 8] о происхождении почвенно-осадочных толщ полученные оценки скорости осадконакопления позволяют учитывать вклад осадочного процесса в формирование профилей погребённых и дневных почв возвышенности. Очевидный источник осадочного вещества – минеральная эоловая пыль. Вместе с общей массой опада и материалом почвообразующей породы пыль трансформируется в зоне действия факторов почвообразования. Накопление остаточных продуктов, образующихся при почвообразовании, способно обеспечивать увеличение мощности почвенных профилей с найденными скоростями.

Литература

1. Путеводитель научных полевых экскурсий VII съезда Общества почвоведов им. В. В. Докучаева и Всероссийской с зарубежным участием научной конференции «Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны» // Под ред. Ю.Г. Чендева. М.-Белгород. БелГУ, 2016. 122 с.
2. Садов А.В. Теоретические подходы к изучению и оценке состояния окружающей среды // Теоретическая и прикладная экология. 2008. № 1. С. 11–19.
3. Елина Г.А., Кузнецов О.А., Максимов А.И. Структурно-функциональная организация и динамика болотных экосистем Карелии. Л.: Наука, 1984. 128 с.
4. Шик С.М., Борисов Б.А., Заррина Е.П. Проект региональной стратиграфической схемы неоплейстоцена Европейской России // Бюл. Комис. по изучению четвертичного периода. 2004. № 65. С. 102–114.
5. Сычёва С.А. Палеомерзлотные события в периглациальной области Среднерусской возвышенности в конце среднего и позднем плейстоцене // Криосфера Земли. 2012. Т. XVI. № 4. С. 45–56.
6. Марголина Н.Я., Александровский А.Л., Ильичёв Б.А., Черкиский А. Е., Чичагова О.А. Возраст и эволюция чернозёмов / Под ред. В.О. Таргульяна. М.: Наука, 1988. 144 с.
7. Личков Б.Л. Современный литогенезис на материковых равнинах // Изв. АН СССР. Сер. Географич. и геофизич. 1945. Т. IX. № 5–6. С. 547–564.
8. Богословский Н.А. О некоторых явлениях выветривания в области Русской равнины // Изв. Геол. ком-та. 1899. Т. 18. № 5. С. 235–273.
9. Берг Л.С. О происхождении лёсса // Изв. Русского географического общества. 1916. Т. 52. Вып. 8. С. 579–646.
10. Неуструев С.С. Почвенная теория лёссовобразования // Природа. 1925. № 1–3. С. 47–56.

References

1. Guide scientific field excursions of the VII Congress of the Society of soil scientists named after V. V. Dokuchaev and the All-Russia scientific conference with international participation “Soil science – food and environmental security of the country” // Ed. Yu.G. Chendev. M.-Belgorod. BelGU, 2016. 122 p. (in Russian).
2. Sadov A.V. Theoretical approach to investigation and evaluation of environmental state // Theoretical and Applied Ecology. 2008. № 1. P. 11–19 (in Russian).
3. Elina G.A., Kuznetsov O.A., Maksimov A.I. Structural-functional organization and dynamics of mire ecosystems in Karelia. Leningrad: Nauka, 1984. 128 p. (in Russian).
4. Shik S.M., Borisov B.A., Zarrina E.P. Project regional stratigraphic scheme of the Neopleistocene of European Russia // Byul. komis. po izucheniyu chetvertichnogo perioda. 2004. № 65. P. 102–114 (in Russian).
5. Sycheva S.A. Palmerstone events in periglacial region of the Central Russian upland in the late middle and late Pleistocene // Kriosfera Zemli. 2012. T. XVI. № 4. P. 45–56 (in Russian).
6. Margolina N.Ya., Aleksandrovskiy A.L., Ilichev B.A., Cherkaskiy A.E., Chichagova O.A. Age and evolution of chernozems / Ed. V.O. Targulyan. M.: Nauka, 1988. 144 p. (in Russian).
7. Lichkov B.L. Modern lithogenesis on the mainland plains // Izv. AN SSSR. Ser. Geografich. i geofizich. 1945. T. IX. № 5–6. P. 547–564 (in Russian).
8. Bogoslovskiy N.A. Some phenomena of weathering in the area of the Russian plain // Izv. geol. kom-ta. 1899. T. 18. № 5. P. 235–273. (in Russian).
9. Berg L.S. On the origin of loess // Izv. Russkogo geograficheskogo obshchestva. 1916. T. 52. V. 8. P. 579–646 (in Russian).
10. Neustruyev S.S. Soil theory lisoobrobna // Priroda. 1925. № 1–3. P. 47–56 (in Russian).