



periodicities : 100–500 days // *Astrophys. J.* 1989. Vol. 337. P. 568–578.

22. *Bai T., Sturrock P. A.* Evidence for a fundamental period of the Sun and its relation to the 154 day complex of periodicities // *Astrophys. J.* 1993. Vol. 409. P. 476–486.

23. The solar magnetic field and the solar wind: existence of preferred longitudes / M. Neugebauer, E. J. Smith, A. Ruzmaikin [et al.] // *J. Geophys. Res.* 2000. Vol. 105. P. 2315–2324.

24. *Lawrence J. K., Cadavid A. C., Ruzmaikin A.* Rotational quasi periodicities and the Sun-heliopause connection // *Solar Physics.* 2008. Vol. 252. P. 179–193.

25. *Bogdanov M. B., Efremova T. Yu., Katrushchenko A. V.* Estimation of impulse response of Earth's climate system at short time intervals // *J. Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics.* 2012. Vol. 86. P. 51–55.

26. *Murray C. D., Dermott S. F.* *Solar System Dynamics.* Cambridge University Press, 1999. 592 p.

УДК 550.4(282.247.414.51)

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННЫХ И ПОГРЕБЕННЫХ ПОЧВ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

С. П. Ломов, Н. Н. Солодков

Пензенский государственный университет архитектуры
и строительства

E-mail: stas_lomov@mail.ru; niconsol@yandex.ru

В статье представлены сведения о валовом химическом составе погребенных суббореальных и субатлантических почв пойменных геосистем Среднего Поволжья. На основе оценки геохимических коэффициентов обоснованы биоклиматические условия их развития, а также особенности процесса почвообразования. Дана сравнительная геохимическая характеристика погребенных почв с их зональными аналогами (черноземами выщелоченными).

Ключевые слова: погребенные почвы, голоцен, Среднее Поволжье, пойма, климат.

Geochemical Conditions of the Development of Modern and Buried Soils of the Middle Volga Region

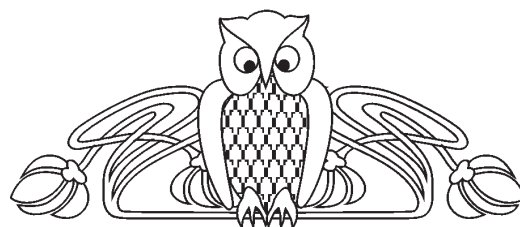
S. P. Lomov, N. N. Solodkov

The article presents data on the gross chemical composition of buried soils of Subatlantic and Subboreal periods, that's located on geosystems floodplain of the Middle Volga. Based on the evaluation of geochemical factors justified bioclimatic conditions of their development, as well as the peculiarities of the process of soil formation. The comparative geochemical characteristics of buried soils with their zonal analogues (leached chernozem).

Key words: buried soils, Holocene, Middle Volga floodplain, climate.

DOI: 10.18500/1819-7663-2016-16-1-10-13

Почвы пойменных ландшафтов формируются в субаквальных условиях под влиянием избыточного увлажнения. Это обстоятельство крайне важно для практики сельскохозяйственного освоения и рекреационного использования. В условиях нерациональной мелиорации почвы пойм подвержены обеднению питательными для растений минеральными веществами [1]. Проблема геохимии аллювиальных почв в научной литературе уделяется недостаточное внимание [2, 3], а сведений о геохимических условиях формирования погребенных почв различных геосистем



пойм крайне мало. Отсутствуют эти данные и для Среднего Поволжья.

В качестве объектов исследования отбирались обнажения погребенных почв прирусловых обрывов среднего течения р. Сура в Бессоновском районе Пензенской области (разрез № 1) и Алатырском районе Республики Чувашия (разрез № 2). Сопоставление погребенных почв проводилось с уже изученными их зональными аналогами (черноземами выщелоченными) Бековского района Пензенской области [4]. Радиоуглеродное датирование почв проводилось изотопным методом по ^{14}C в Институте географии РАН (г. Москва), результаты которого показали абсолютный возраст погребенных почв: разрез № 1, глубина 223–303 см, – 2560±80 ВР (Before Present, или до наших дней) (ИГ РАН-4543); разрез № 1, глубина 303–453 см, – 3870±50 ВР (ИГ РАН-4544); разрез № 2, глубина 130–156 см, – 2330±90 ВР (ИГ РАН-4214). Таким образом, погребенная почва разреза № 1 на глубине 223–303 см и разреза № 2 относится к раннесубатлантическому времени (SA-1), а погребенная почва разреза № 1 на глубине 303–453 см – к среднесуббореальному (SB-2) [5].

Погребенные почвы лугово-черноземовидного облика обнаружены в толще песчаного аллювия с прослойками из слабогумусовых дерново-супесчаных и дерново-суглинистых почв. Морфологически они отличаются темным цветом, сизоватым оттенком, суглинистым или глинистым составом. На стенках трещин или по всей толще рассеяны окисные пленки красновато-коричневого цвета. Для погребенных почв характерны столбчатая структура, солевые выпоты в верхней части горизонтов, невысокое содержание гумуса и других химических показателей.

Определение валового химического состава почв проводилось рентген-флюорисцентным методом. Для лугово-черноземовидных почв результаты пересчитаны на прокаленную навеску, а для зональных почв (черноземов выщелоченных) – на прокаленную и бескарбонатную.



Особенности условий намывного водного режима погребенных лугово-черноземных почв определяют характерные черты их химического состава. Ф. Р. Зайдельман указал на неоднородность водного режима в пределах различных геосистем пойменных ландшафтов [6]. Так, для низкой поймы характерен промывной режим, для центральной – застойный, а для высокой – застойно-промывной. В этих условиях на геохимическом уровне происходит вынос биофильных элементов [7]. Такие соединения, как CaO, MgO и P₂O₅ находятся в невысоких концентрациях (табл. 1).

Фосфор является одним из наиболее подвижных химических элементов, который растворяется

и мигрирует вместе с водным потоком латерально вдоль поймы. То же происходит с солями натрия и калия. Так, отношение $\frac{Na_2O}{K_2O}$ отличается для всех погребенных почв очень низкими значениями (табл. 2). Дифференциация погребенных почв заметна по результатам анализа отношения суммы солей к основной глинистой составляющей $\frac{K_2O + Na_2O}{Al_2O_3}$. Если для разреза № 1 значение показателя составляет 0,12, то для разреза № 2 – 0,23–0,26, что приближает последних к черноземам выщелоченным (см. табл. 2).

Таблица 1

Валовой химический состав погребенных и современных почв пойменных геосистем бассейна р. Сура

| Номер разреза и глубина, см | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | Na ₂ O | P ₂ O ₅ | SO ₃ | K ₂ O | TiO ₂ | MnO |
|--|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|-------------------|-------------------------------|-----------------|------------------|------------------|------|
| Погребенные лугово-черноземовидные почвы разреза № 1 Бессоновского района, % на прокаленную навеску | | | | | | | | | | | |
| Субатлантическая почва (SA-1) | | | | | | | | | | | |
| № 2, 223–303 | 63,99 | 14,38 | 8,93 | 1,41 | 1,59 | 0,29 | 0,51 | 0,17 | 1,17 | 0,69 | 0,02 |
| Суббореальная почва (SB-2) | | | | | | | | | | | |
| № 2, 303–453 | 62,89 | 14,36 | 10,61 | 1,61 | 1,77 | 0,51 | 0,68 | 0,17 | 1,80 | 0,69 | 0,19 |
| Погребенные лугово-черноземовидные почвы разреза № 2 Алатырского района (субатлантическая почва, SA-1), % на прокаленную навеску | | | | | | | | | | | |
| № 5, 130-156 | 63,30 | 14,13 | 6,56 | 2,77 | 1,79 | 0,50 | 0,23 | 0,36 | 2,24 | 0,69 | 0,10 |
| № 5, 172-193 | 66,24 | 13,78 | 5,91 | 2,11 | 1,79 | 0,78 | 0,23 | 0,38 | 2,14 | 0,65 | 0,07 |
| Черноземы выщелоченные (по С. П. Ломову, 2012 г.), % на безгумусную и бескарбонатную навеску | | | | | | | | | | | |
| 0–25 | 71,98 | 12,66 | 5,36 | 1,69 | 1,39 | 0,77 | 0,19 | 0,23 | 2,14 | 0,75 | 0,11 |
| 50–60 | 72,05 | 12,28 | 5,55 | 1,75 | 1,75 | 0,74 | 0,20 | 0,22 | 2,01 | 0,75 | 0,08 |
| 90–100 | 73,03 | 12,99 | 6,20 | 1,24 | 1,36 | 0,90 | 0,05 | 0,26 | 1,94 | 0,69 | 0,10 |
| 150–160 | 69,63 | 12,73 | 6,22 | 1,08 | 1,87 | 1,00 | 0,10 | 0,10 | 2,18 | 0,71 | 0,11 |

Таблица 2

Коэффициенты соотношения некоторых оксидов валового химического состава погребенных и современных почв

| Разрез и глубина, см | $\frac{TiO_2}{Al_2O_3}$ | $\frac{Fe_2O_3 + MnO}{Al_2O_3}$ | CIA | $\frac{CaO + MgO}{Al_2O_3}$ | $\frac{Na_2O}{K_2O}$ | $\frac{K_2O + Na_2O}{Al_2O_3}$ | $\frac{SiO_2}{R_2O_3}$ | $\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$ | $\frac{SiO_2}{Fe_2O_3}$ |
|--|-------------------------|---------------------------------|-------|-----------------------------|----------------------|--------------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Погребенные лугово-черноземовидные почвы разреза № 1 Бессоновского района | | | | | | | | | |
| Субатлантическая почва (SA-1) | | | | | | | | | |
| № 2, 223–303 | 0,06 | 0,40 | 76,92 | 0,46 | 0,38 | 0,12 | 5,42 | 7,56 | 19,11 |
| Суббореальная почва (SB-2) | | | | | | | | | |
| № 2, 303–453 | 0,06 | 0,49 | 71,50 | 0,52 | 0,43 | 0,19 | 5,06 | 7,45 | 15,81 |
| Погребенные лугово-черноземовидные почвы разреза № 2 Алатырского района (субатлантическая почва, SA-1) | | | | | | | | | |
| № 5, 130–156 | 0,06 | 0,31 | 63,00 | 0,68 | 0,34 | 0,23 | 5,88 | 7,62 | 25,73 |
| № 5, 172–193 | 0,06 | 0,28 | 64,91 | 0,61 | 0,55 | 0,26 | 6,42 | 8,17 | 29,89 |
| Черноземы выщелоченные (по С. П. Ломову, 2012 г.) | | | | | | | | | |
| 0–25 | 0,08 | 0,28 | 65,50 | 0,52 | 0,55 | 0,23 | 7,61 | 9,67 | 35,81 |
| 50–60 | 0,08 | 0,30 | 65,09 | 0,62 | 0,56 | 0,22 | 7,71 | 9,97 | 34,62 |
| 90–100 | 0,07 | 0,32 | 68,97 | 0,44 | 0,70 | 0,22 | 7,33 | 9,56 | 31,41 |
| 150–160 | 0,07 | 0,32 | 68,05 | 0,53 | 0,70 | 0,25 | 7,09 | 9,30 | 29,85 |



Миграция Ca и Mg требует некоторого пояснения (см. табл. 1). Накопление соединений угольной кислоты в погребенных почвах разреза № 2 связано с их обогащением минеральными водами турон-сантонской карбонатной серии в междуречье р. Сура и р. Бездна. Для погребенных и зональных почв геохимический коэффициент $\frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{Al}_2\text{O}_3}$ отражает условия вымывания карбонатов и соответственно выщелачивания черноземов.

Равенство значений отношения $\frac{\text{TiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$ для погребенных почв суббореального и субатлантического возраста характеризует единообразие условий геохимической обстановки на этапе их образования. Однако в почвах зональных ландшафтов (черноземах выщелоченных) соотношение $\frac{\text{TiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$ изменяется на 0,01 в пределах профиля.

Снижение содержания Al_2O_3 в верхних горизонтах маркирует развитие процессов выщелачивания в экспонированных почвах на одной из стадий их развития.

Соотношения кремнезема и отдельных полуторных окислов или их сумм характеризуется незначительными колебаниями в пределах профиля. Так, соотношение кремнезема и основных компонентов глинистой составляющей – Al_2O_3 и Fe_2O_3 – в погребенных лугово-черноземовидных почвах изменяется от 5,42 до 5,06. Соотношение $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$ изменяется от 7,56 до 8,17, тогда как в зональных почвах оно составляет 9,30–9,67. Для зональных почв (черноземов выщелоченных) отмечаются более повышенные величины соотношения $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$ (29,85–35,81), чем для погребенных лугово-черноземовидных почв – 15,81–29,89.

Выявленные отличительные особенности погребенных лугово-черноземовидных почв указывают на возможное преобразование первичной минеральной массы. В то же время современные ослитованные почвы пойм центральных областей Русской равнины по оцениваемым показателям близки к зональным почвам (черноземам выщелоченным). Так, Б. П. Ахтырцев отмечает, что соотношение кремнезема и полуторных окислов лугово-черноземовидных почв Окско-Донской низменности на глубине 0–25 см составляет 8,2.

Соотношение $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$ этих же почв равно 10,8, а соотношение $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$ – 39,9. Валовой химический состав илестых фракций лугово-черноземной

почвы показал ещё меньший разрыв между показателем по $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$ – от 4,2 до 4,3; $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$ – от 11,9 до 11,8; $\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$ – от 3,1 до 3,2, что подчеркивает преобладание вторичных минералов: гидрослюдо-монтмориллонитовых и гидрослюдохлоритовых образований и гидрослюд [2]. Таким образом, для современных лугово-черноземовидных почв отмечается больший разрыв в показателях $\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$ и они близки к зональным черноземам выщелоченным. Следовательно, в погребенных лугово-черноземных почвах в условиях субаквального режима почвообразования соотношение кремнезема и полуторных окислов косвенно отражает преобразование первичных минералов.

Содержание MnO в погребенных почвах различно. Аккумуляция марганца в почвах происходит в результате поступления растительного опада. В центральной пойме отмечается наибольшая биологическая активность почв, что обусловлено богатой растительностью в условиях оптимального увлажнения с периодическим подтоплением грунтовыми водами во время паводков и половодий [6]. Эти условия в целом отражает общее содержание MnO, а также соотношение суммы оксидов железа и марганца и основных компонентов глинистой составляющей – Al_2O_3 .

Погребенная почва суббореального возраста с этой точки зрения формировалась в наиболее благоприятных условиях, что и обусловило повышенные значения $\frac{\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MnO}}{\text{Al}_2\text{O}_3}$ – 0,49, а также

наибольшее содержание MnO – 0,19. Несколько ниже оказался геохимический коэффициент для субатлантической почвы разреза № 1 – 0,40 при наименьшем содержании MnO – 0,02. Такое возможно в связи с изменением состава флоры центральных пойм в течение второй половины голоцена [8]. Данные табл. 1 и 2 показывают близкие значения анализируемых показателей для субатлантических почв разреза № 2 и современных зональных (черноземов выщелоченных). Это означает, что развитие погребенных лугово-черноземовидных почв раннесубатлантического возраста Алатырского района происходило в пределах высокой поймы, а Бессоновского района – центральной.

Смену растительного покрова на границе суббореала и субатлантики отмечали исследователи многих районов Поволжья [9, 10]. Так, во время суббореального периода территория исследования была максимально облесена, были широко распространены сложные дубняки и сосново-березово-широколиственные леса. Тогда же, как и в субатлантическое время, ландшафты приобретают привычный вид: площадь лесов сокращается и на их смену приходят лугово-степные



ценозы и агроценозы с меньшей биологической продуктивностью [8].

Причиной смены растительного покрова является изменение климатических условий: похолодание и аридизация климата. Многие исследователи геохимии палеопочв отмечают прямую зависимость между коэффициентом изменения первичных минералов CIA (the Chemical Index of Alteration) и среднегодовым количеством осадков [11, 12]. Собственная исследовательская база данных в пределах Среднего Поволжья и литературные сведения, позволили получить следующую зависимость показателей: $СГКО = 9,3 \cdot CIA - 179$ с величиной достоверности $R^2 = 0,9629$, где СГКО – величина среднегодового количества осадков, CIA – химический индекс изменения первичных минералов, R – коэффициент достоверности аппроксимации. Это означает, что в среднесуббореальное время выпадало около 480 мм осадков в год, а в раннесубатлантический период – 400–420 мм/год. Современное многолетнее значение среднегодового количества осадков в г. Пенза составляет 542 мм/год [13]. Столь значительные колебания среднегодового количества осадков во второй половине голоцена не только повлияли на биологическую продуктивность пойменных геосистем, но и изменили водный режим центральных и высоких пойм. В субатлантическое время субаквальные условия высокой поймы с её застойно-промывным режимом приблизились к субэвральным условиям с периодическим промыванием почв.

Таким образом, проведенный геохимический анализ показал:

1. Стабильность минерального состава погребенных почв второй половины голоцена Среднего Поволжья. Смена геохимической обстановки эволюции зональных почв отмечает развитие процессов выщелачивания черноземов на одной из стадий их развития.

2. Мощные погребенные лугово-черноземные почвы среднего течения р. Сура приурочены к геосистемам центральной и высокой поймы. Особенности водного режима и биологическая активность геосистем пойм обуславливают их основные и специфические геохимические признаки.

Латеральному выносу подвержены такие хорошо растворимые соединения, как CaO, MgO и P₂O₅. Суженные соотношения кремнистых окислов и основных полуторных оксидов отражают процессы ослитованности погребенных почв.

Специфические черты почв геосистем центральных пойм обусловлены застойным водным режимом и высокой биологической продуктивностью биоценозов. Как следствие, соотношение

$\frac{K_2O + Na_2O}{Al_2O_3}$ отличается низкими значениями, а коэффициент $\frac{Fe_2O_3 + MnO}{Al_2O_3}$ приближается к

максимальным показателям при сравнении с аналогичными почвами высокой поймы. Лугово-черноземовидные почвы высокой поймы сочетают признаки почв центральных пойм и зональных почв, что связано с застойно-промывным водным режимом формирования и условиями меньшей биологической продуктивности биоценозов.

3. Динамика условий развития почв геосистем центральных и высоких пойм зависит от климатических колебаний во второй половине голоцена. На основе анализа коррелятивной связи между CIA и среднегодовым количеством осадков выявлены величины увлажнения для среднесуббореального времени (SB-2) – 480 мм/год, а также раннесубатлантического (AT-1) – 400–420 мм/год.

Библиографический список

1. Добровольский Г. В. Почвы речных пойм центра Русской равнины. М., 1968. 298 с.
2. Ахтырцев А. Б., Адерихин П. Г., Ахтырцев Б. П. Лугово-черноземные почвы центральных областей Русской равнины. Воронеж, 1981. 255 с.
3. Касимов Н. С., Самонова О. А., Асеева Е. Н. Фоновая почвенно-геохимическая структура лесостепи Приволжской возвышенности // Почвоведение. 1992. № 8. С. 5–21.
4. Ломов С. П., Ставицкий В. В., Солодков Н. Н. Историко-географические аспекты неолитических поселений в бассейне реки Суры // Изв. Пенз. гос. пед. ун-та им. В. Г. Белинского. 2012. № 29. С. 112–118.
5. Ломов С. П., Солодков Н. Н. Эоловые геосистемы (памятники неолита), современные и погребенные почвы пойм бассейна р. Сура. Пенза, 2014. 196 с.
6. Зайдельман Ф. Р. Естественное и антропогенное переувлажнение почв. СПб., 1992. 288 с.
7. Солодков Н. Н. Геохимические потоки в денудационных и трансаккумулятивных андшафтах Среднего Поволжья // Проблемы региональной экологии. 2014. № 3. С. 46–50.
8. Благовещенская Н. В. История растительности центральной части Приволжской возвышенности в голоцене: дис. ... д-ра биол. наук. Ульяновск, 2009. 664 с.
9. Нейштадт М. И. История лесов и палеогеография СССР в голоцене. М., 1957. 403 с.
10. Серебряная Т. А. О динамике лесостепной зоны в центре Русской равнины в голоцене // Развитие природы территории СССР в позднем плейстоцене и голоцене. М., 1982. С. 179–186.
11. Retallack G. J. Soil and Global Change in the Carbon Cycle over Geological Time // Treatise On Geochemistry. 2003. Vol. 368. P. 581–605.
12. Калинин П. И., Алексеев О. А. Геохимические характеристики погребенных голоценовых почв степей Приволжской возвышенности // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. География. Геоэкология. 2008. № 1. С. 9–15.
13. Климат Пензы // Погода и климат. М., 2004. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/climate/27962.htm>. (дата обращения: 15.09.2015).