

## СТАТЬИ

УДК 504.53:631.48:911.372.9

**ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ  
ПОСТСЕЛИТЕЛЬНЫХ ГЕОСИСТЕМ****Агафонов В.А.***ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,  
Белгород, e-mail: 947824@bsu.edu.ru*

В статье представлены предварительные данные, полученные в результате проведенного геохимического анализа верхнего (гумусного) горизонта почв постселитебных геосистем. Пробы отобраны на территории заброшенных населённых пунктов Центрально-Черноземного района. На основе исследования групп химических элементов можно выделить группу индикаторов почвенных процессов, которые отражают различную степень антропогенной нагрузки на разных этапах развития населенных пунктов Центрально-Черноземного района. Предметом исследования выступают новообразованные почвы постселитебных геосистем Центрально-Черноземного района. Исследования выполнены в рамках РФФИ, проект 18-05-00093 «Эколого-экономическое состояние, экологическая реабилитация и стратегии сбалансированного природопользования на постселитебных территориях Центрально-Черноземного региона». Анализы выполнены в лаборатории экоаналитики кафедры природопользования и земельного кадастра НИУ «БелГУ» с использованием рентгенофлуоресцентного спектрометра «СПЕКТРОСКАН-МаксGV». В целом для почв заброшенных населенных пунктов характерно увеличение концентрации следующих элементов: Ca, Sr, P, Na, Zn, Mg, Ni, Mn, Cu, Pb, Ba. В пределах одной постселитебной геосистемы концентрация химических элементов может значительно варьировать. Установлено, что посредством геохимического анализа образцов почв постселитебных геосистем ЦЧР можно определить группы элементов-индикаторов, характеризующих изменения почвенных процессов во времени, а также установить уровень интенсивности антропогенной нагрузки. По результатам исследования выявлено, что в формировании геохимической ситуации в постселитебных геосистемах играют важную роль не только антропогенные, но и природные процессы. Кроме этого, выявлено, что синхронное увеличение концентраций большого числа элементов указывает на поступление в почву как органических, так и неорганических материалов.

**Ключевые слова:** постселитебные геосистемы, ренатурация, геохимия почв, геохимический анализ, новообразованные почвы, микроэлементы

**PRELIMINARY GEOCHEMICAL ASSESSMENT OF SOILS  
OF POST-SETTLEMENT GEOSYSTEMS****Agafonov V.A.***Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education  
«Belgorod National Research University», Belgorod, e-mail: 947824@bsu.edu.ru*

The article presents preliminary data obtained as a result of the geochemical analysis of the upper (humus) soil horizon of post-settlement geosystems. The samples were taken on the territory of abandoned settlements of the Central Chernozem region. Based on the study of groups of chemical elements, it is possible to distinguish a group of indicators of soil processes that reflect the different degree of anthropogenic load at different stages of the development of settlements in the Central Chernozem region. The subject of the study is the newly formed soils of post-settlement geosystems of the Central Chernozem region. The research was carried out within the framework of the RFBR, project 18-05-00093 «Ecological and ecological state, ecological rehabilitation and strategies for balanced nature management in the post-settlement territories of the Central Chernozem region». The analyses were performed in the Laboratory of Ecoanalytics of the Department of Nature Management and Land Cadastre of the National Research University BelSU using the X-ray fluorescence spectrometer «SPECTROSCAN-MAXGV». In general, the soils of abandoned settlements are characterized by an increase in the concentration of the following elements: Ca, Sr, P, Na, Zn, Mg, Ni, Mn, Cu, Pb, and Ba. Within a single post-settlement geosystem, the concentration of chemical elements can vary significantly. It is established that by means of geochemical analysis of soil samples of post-settlement geosystems of the CRS, it is possible to determine groups of indicator elements that characterize changes in soil processes over time, as well as to determine the level and intensity of anthropogenic load. According to the results of the study, it is revealed that not only anthropogenic, but also natural processes play an important role in the formation of the geochemical situation in post-settlement geosystems. In addition, it was found that a synchronous increase in the concentrations of a large number of elements indicates the entry of both organic and inorganic materials into the soil.

**Keywords:** post-residential geosystems, renaturation, soil geochemistry, geochemical analysis, newly formed soils, microelements

В Центрально-Чернозёмном регионе России с середины XX в. происходит деградация сельских поселений. Причины этого процесса подробно изучены учёными-демографами, кроме этого, на основе их иссле-

дований выявлены пространственные закономерности данного процесса. В меньшей степени изучены физико-географические вопросы, которые связаны с формированием и развитием во времени постселитебных

геосистем, а также экологическая ренатурация их антропогенно нарушенных компонентов, в частности почв.

Определение содержания микро- и макроэлементов – один из наиболее перспективных методов изучения геосистем, которые представлены постселитебными территориями.

В естественно-антропогенных поверхностно преобразованных почвах постселитебных геосистем наблюдается значительное накопление элементов различной природы – биогенной или техногенной, в первую очередь данный процесс связан с антропогенной деятельностью населенных пунктов [1]. Например, накопление  $P_2O_5$ , который поступает в почву вместе с остатками пищи, мусором и золой, будет свидетельствовать о характере хозяйственного использования территории в прошлом. Следует отметить, что увеличение содержания целого ряда тяжелых металлов и редкоземельных элементов также характерно для мест компактного проживания людей.

Целью исследования является выявление группы элементов-индикаторов, которые характеризуют изменение почвенных процессов во времени.

При этом по составу микро- и макроэлементов можно определить характер поступивших веществ, существование различных функциональных зон в пределах населенного пункта, например производственных, селитебных и т.п. [2].

В настоящее время следует говорить о том, что геохимический анализ почв постселитебных геосистем выступает надежным способом оценки экологической ренатурации.

#### **Материалы и методы исследования**

Объектом исследования выступают почвы верхнего горизонта (А) постселитебных геосистем Центрально-Чернозёмного района.

Объекты исследования представляют собой деградирующие (1–50 человек) и вымершие сельские населенные пункты. В ходе проведения полевых исследований было обследовано 54 исчезнувших сельских населённых пункта, которые расположены на территории 17 административных районов Центрально-Черноземного района (4 района – Белгородской области; 4 – Курской области; 3 – Липецкой области; 4 – Тамбовской области; 2 – Воронежской области).

Исследования картографического материала показали, что в пространственном отношении постселитебные геосистемы приурочены к верхним звеньям гидрографической сети ЦЧР: верховьям малых рек и ручьёв или сухим долинам с близким залеганием грунтовых вод. По результатам полевых исследований можно сделать вывод о том, что постселитебные геосистемы расположены в четырёх основных типах местности: пойменном (11%), надпойменно-террасовом (24%), приречном (57%) и плакорном (8%).

В пределах исследуемых заброшенных сельских населенных пунктов выделяют 2 типа сукцессии растительности: постагрогенные, образовавшиеся на залежах заброшенных огородов и в деградирующих фруктовых садах, и постселитебные, которые развиваются в пределах дворовых площадок и на развалинах строений.

В пределах исследуемых геосистем проявляется закономерность в направлении развития сукцессии – формирование древесных сообществ, в том числе и в степных ландшафтных условиях. Данная закономерность проявляется в большинстве исследуемых объектов, исключением являются 7 объектов, на территории которых имеются перспективы развития степной сукцессии. Описанная закономерность обусловлена рядом причин, таких как:

– превалирующее расположение экосистем на участках с достаточным влагообеспечением, а также вблизи естественных лесных участков (преимущественно байрачных дубрав или пойменной древесно-кустарниковой растительности);

– деградация плодовых и декоративных насаждений, что приводит к вселению фоновых видов древесной растительности по облегченной модели.

Полевые исследования проводились по заранее заданным трансектам. Пробы почв отбирались на заброшенных дворовых территориях, а также на территории бывших огородов и деградирующих фруктовых садов. Также в ходе экспедиционных исследований отбирались фоновые пробы почв. Фоновые пробы отбирались на достаточном удалении от населенных пунктов, а также территорий, подверженных антропогенным воздействиям (дороги, с/х поля).

Образцы почв представляют собой объединенные пробы, которые отбирались методом конверта. Всего отобрано 149 проб. По определению химических свойств (содержание гумуса, содержание  $CO_2$  карбо-

натов, рН) проанализировано 135 проб. По определению содержания макро- и микроэлементов проанализировано 53 пробы.

Предметом исследования являются геохимические свойства новообразованных почв постселитебных геосистем.

В ходе проведения исследований были использованы методы:

- 1) экспедиционные (полевые);
- 2) лабораторно-аналитические:
  - рентгенофлуоресцентный метод определения элементного состава проб;
  - определение органического вещества по методу И.В. Тюрина;
  - потенциометрический метод определения водородного показателя (рН) водной суспензии;
  - ацидиметрический метод определения углекислоты карбонатов;
- 3) методы статистического анализа и математического моделирования с использованием программы MS Excel.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Почвы в постселитебных ландшафтах выступают депонирующей средой, которая надолго сохраняет результаты прошедшего техногенеза.

Описывая исследованные почвы, можно сделать вывод о том, что они имеют признаки развития процесса экологической ренатурации, в том числе восстановления морфологического строения. В почвах отчётливо определяются регенерированные гумусовые горизонты, кроме этого, происходит процесс восстановления структуры, в котором основную роль выполняют дождевые черви. Средняя мощность изучаемых горизонтов составляет  $108 \pm 10$  мм. Структура почв преимущественно комковатая.

Ниже описаны и представлены фотографии примеров профилей новообразованных почв различных вариантов воспроизводства:

1. Квазипервичное почвообразование. Почвообразование на развалинах саманного дома.

2. Рецентное почвообразование. Участок с двумя близкорасположенными домами и хозяйственными постройками, внутренний двор с погребом. Почвообразование на грунтовом перекрытии погреба.

3. Вторичное аппликативное почвообразование. Почвообразование на площадке перед разрушенным домом, с культурным слоем. Площадка использовалась, вероятно, для отстоя техники, т.к. почва сильно уплотнённая.

Антропогенные факторы в селитебных ландшафтах с точки зрения геохимии играют основную роль в процессе миграции (вынос и поступление) и концентрации веществ, однако наряду с антропогенными продолжают оказывать влияние и природные факторы. Данный факт подтверждается исследованием Алексеенко А.В., Алексеенко В.А., приведенным в монографии «Химические элементы в геохимических системах. Кларки почв селитебных ландшафтов» [3]. После вымирания населенного пункта на лидирующие позиции выходят природные факторы, т.е. начинается процесс природной ренатурации.

Ранее проведенные исследования по определению свойств новообразованных почв постселитебных геосистем указывают на высокую ренутационную способность почв изученных геосистем, это подтверждается тем, что преобладающая часть исследованных проб относится к почвам с высоким содержанием гумуса, оптимальным режимом поступления влаги и слабощелочному типу [4].



*Профили новообразованных почв различных вариантов воспроизводства*

Уровень содержания карбонатов в поверхностных и материнских генетических горизонтах почв постселитебных геосистем объясняется совокупностью внешних и внутренних причин, а в свою очередь в поверхностных генетических горизонтах объясняется исключительно антропогенным (внешним) влиянием.

Согласно проведенным исследованиям, из микроэлементов в наибольшей степени превышен фоновый уровень: содержание Sr  $226,79 \pm 58,81$  ppm, Zn  $97,62 \pm 13,91$  ppm, Ni  $31,49 \pm 2,38$  ppm, Cu  $25,87 \pm 2,63$  ppm. По кратности превышения фонового содержания (пахотные горизонты почв фоновых агроландшафтов) элементы образуют ряд: Ca > Sr > P > Na > Zn > Mg > Ni > Mn > Cu > Pb > Ba. Отмечено, что коэффициент радиальной дифференциации по техногенным элементам в гумусовых горизонтах меньше 1, что свидетельствует о самоочищении новообразованных почв постселитебных геосистем от поллютантов.

Высокому содержанию микроэлементов в почвах постселитебных геосистем способствует локальный характер поступления элементов в почвенный покров, а также быстрое формирование экосистем.

В ходе проведения исследований по определению содержания микроэлементов в новообразованных почвах заброшенных поселений ЦЧР был произведен статистический анализ полученных результатов (таблица).

Анализируя данные, приведенные в таблице, можно говорить о том, что некоторые точки характеризуются повышенной концентрацией калия (в исследуемых пробах от 0,73 до 2,44 ppm) и фосфора (в исследуемых пробах от 0,1 до 3,31 ppm). Дан-

ное явление характерно для мест, в которых происходило накопление значительных объемов сгоревших материалов и золы (зольных ям). Кроме этого, приведенные данные, а именно коэффициент вариации, свидетельствуют о том, что в пределах одной исследуемой геосистемы концентрация некоторых химических элементов может значительно изменяться.

В пределах дворовых территорий наблюдается процесс поступления в почву как неорганических материалов (жилая застройка), так и органических (хозяйственные постройки). На данных территориях наблюдается ситуация с одновременным увеличением концентрации большого ряда элементов [5].

В пределах садово-огородных территорий заброшенных населенных пунктов наблюдается процесс, указывающий на значительное поступление в почву растительных остатков, что подтверждается увеличением концентрации калия (от 2,44 до 0,73 ppm), бария (от 163,31 до 504,24 ppm) и марганца (от 210,55 до 1111,17 ppm).

Увеличение концентрации в почвах цинка (от 31,66 до 289,11 ppm) и меди (от 7,45 до 48,86 ppm), повышенные средние концентрации данных элементов в почвах постселитебных геосистем связаны с применением населением специальных ядохимикатов и удобрений при выращивании овощей на огородах.

Анализируя увеличение концентрации в почвах постселитебных геосистем Pb, можно сделать вывод, что загрязнения локализованы вдоль проезжих частей (линейное загрязнение), а также в районе золых отвалов (очаговые загрязнения).

Статистический анализ содержания микроэлементов в новообразованных почвах заброшенных поселений ЦЧР

Микро-элемент	Количество проб	Среднее	Мода	Медиана	Асимметрия	Эксцесс	Коэффициент вариации
MnO	53	588,28	-	603,74	0,18	0,57	4,19
Ba	53	384,23	-	391,86	-0,67	0,46	2,75
Sr	53	226,78	-	149,91	2,82	9,75	13,36
Cr	53	77,71	82,69	79,59	-0,18	0,37	2,39
Zn	53	97,62	71,89	75,59	2,02	4,27	7,27
V	53	56,85	24,19	56,00	-0,20	-0,49	4,14
Cu	53	25,88	-	24,95	0,41	-0,23	5,24
Ni	53	31,49	-	31,65	-0,23	0,23	3,86
Pb	53	15,83	-	15,81	0,18	0,17	5,74
Co	53	13,04	-	13,55	-0,28	-0,03	5,19
As	53	7,42	5,96	7,19	5,08	32,70	6,16

Однако в формировании геохимической картины постселитебных геосистем важное место занимают не только антропогенные, но и природные процессы.

Содержание в почвах постселитебных геосистем таких элементов, как Al, Fe и Ti, не связано непосредственно с антропогенной деятельностью; их увеличение свидетельствует о превалировании естественных почвенных процессов.

### Заключение

В результате проведенного геохимического анализа почв постселитебных геосистем можно оценить стадии экологической ренатурации. Кроме этого, геохимические исследования проб почв заброшенных населенных пунктов позволили определить перечень химических элементов (индикаторов), которые характеризуют временные изменения в развитии почв и уровне антропогенной нагрузки [6].

В процессе развития экологической ренатурации происходит процесс адсорбции микро- и макроэлементов гумусом, а также коллоидными частицами. Также стоит отметить, что микро- и макроэлементы могут осаждаться на поверхности минералов. В зависимости от внешних условий (рН и режим поступления влаги) элементы могут изменить свою миграционную способность. Описанные выше процессы указывают на то, что геохимический анализ почв может иметь ряд ограничений.

Можно говорить о том, что в будущем изученные почвы станут фактором, который стабилизирует сукцессии растительности. Следует отметить, что в среднем восстановление почв происходит за значительный промежуток времени, однако уже к тридцати-сорокалетнему возрасту постселитебных геосистем можно говорить, что

данные почвы обеспечивают устойчивое существование фитоценозов.

### Список литературы / References

1. Лисецкий Ф.Н., Гаджиев Р.Ш. Оценка геохимической трансформации почв во времени // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 3 (3). С. 31–35.

Lisetsky F.N., Gadzhiev R.Sh. Assessment of geochemical transformation of soils in time // Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal. 2017. No 3 (3). P. 31–35 (in Russian).

2. Алексеенко В.А. К вопросу техногенной металлизации почв // Биогеохимия техногенеза и современные проблемы геохимической экологии (в двух томах): труды IX Международной биогеохимической школы (г. Барнаул, 24–28 августа 2015 г.). Барнаул, 2015. С. 26–30.

Alekseenko V.A. On the issue of technogenic metallization of soils // Biogekhimiya tekhnogeneza i sovremennyye problemy geokhimitskoy ekologii (v dvukh tomakh): trudy IX Mezhdunarodnoy biogekhimitskoy shkoly (g. Barnaul, 24–28 avgusta 2015 g.). Barnaul 2015. P. 26–30 (in Russian).

3. Алексеенко В.А., Алексеенко А.В. Химические элементы в геохимических системах. Кларки почв селитебных ландшафтов. Ростов-н/Д.: Изд-во Южного федерального университета, 2013. 381 с.

Alekseenko V.A., Alekseenko A.V. Chemical elements in geochemical systems. Clarks of soils of residential landscapes. Rostov-n/D.: Izd-vo Yuzhnogo federal'nogo universiteta, 2013. 381 p. (in Russian).

4. Агафонов В.А., Голеусов П.В. Свойства новообразованных почв постселитебных геосистем Центрально-Черноземного района // Успехи современного естествознания. 2020. № 5. С. 23–28.

Agafonov V.A., Goleusov P.V. Properties of newly formed soils of post-settlement geosystems of the Central Chernozem region // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2020. No. 5. P. 23–28 (in Russian).

5. Артищев В.Е., Голеусов П.В. Постселитебные геосистемы Белгородской области: физико-географическая характеристика и перспективы экологической реабилитации // Успехи современного естествознания. 2016. № 11 (2). С. 334–338.

Artishchev V.E., Goleusov P.V. Postselitebnyye geosystems of the Belgorod region: physico-geographical characteristics and prospects of ecological rehabilitation // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2016. No. 11 (2). P. 334–338 (in Russian).

6. Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В. Антропогенные почвы. Генезис, география, рекультивация. М.: Ойкумена, 2013. 270 с.

Gerasimova M.I., Stroganova M.N., Mozharova N.V., Prokofieva T.V. Anthropogenic soils. Genesis, geography, recultivation. M.: Oikumena, 2013. 270 p. (in Russian).