

УДК 634.948:581.5

## ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЧВ И ПОЧВОГРУНТОВ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ СОКОЛЬХ ГОР

© 2012 Н.В. Прохорова<sup>1</sup>, А.А. Головлёв<sup>2</sup>, М.В. Куликова<sup>1</sup>, Ю.В. Макарова<sup>1</sup><sup>1</sup> Самарский государственный университет<sup>2</sup> Самарский государственный экономический университет

Поступила в редакцию 09.05.2012

Выявлены территориальные особенности накопления тяжелых металлов, минеральных форм азота и активности *Azotobacter* в почвах и почвогрунтах Сокольных гор и Усть-Сокского карьера.

Ключевые слова: *Сокольи горы, Усть-Сокский карьер, почвы, почвогрунты, тяжелые металлы, минеральные формы азота, Azotobacter*

Сокольи горы с их естественными и антропогенно трансформированными ландшафтами представляют большой интерес для эколого-геохимических исследований. Расположенные в левобережной части Среднего Поволжья, Сокольи горы имеют следующие географические границы. С запада они отделены от находящейся в Предволжье Жигулёвской возвышенности Саратовским водохранилищем. С северо-востока Сокольи горы ограничены долиной р. Сок, правый берег которой составляют Сокские Яры. Южная граница Сокольных гор проходит по условной линии, проведённой от верховьев Студёного оврага к устью р. Большой Кинель. Естественные рубежи Сокольных гор на юго-востоке и востоке – долины рек Большой Кинель, Сарбай и Сургут. Последние две реки разделяют Сокольи горы и Кинельские Яры. Западная часть Сокольных гор наиболее лесистая и возвышенная. Здесь находятся самая высокая точка (гора Тип-Тяв, 281 м) и крупная отрицательная форма техногенного рельефа (ныне не действующий Усть-Сокский, или Западный, карьер с абсолютными высотами днища в пределах 36-94 м). Ландшафты Сокольных гор, прилегающие к селитебной территории пос. Красная Глинка и ныне функционирующему объединённому (Центрально-Восточному) карьеру, испытывают существенное антропогенное воздействие (сезонная рекреационная нагрузка, автотранспортное и промышленное загрязнение). В геологическом отношении западная часть Сокольных гор сложена разнообразными карбонатными породами (доломитами, известняками, мергелями, аргиллитами, глинами, песчаниками, гипсами), относящимися к казанскому и татарскому ярусам пермского периода [1, 3, 4, 6]. В западной

части возвышенности залегают дерново-карбонатные и темно-серые лесные почвы преимущественно глинистого и тяжелосуглинистого гранулометрического состава [3, 4].

**Цель работы:** выявление эколого-геохимических особенностей почв западной части Сокольных гор и почвогрунтов (в виде мелкоземного карбонатного субстрата) на дне и террасах Усть-Сокского карьера методом профилирования.

**Объекты исследования.** Почвы и почвогрунты западной части Сокольных гор и Усть-Сокского карьера по линии эколого-геохимического профиля.

**Методика исследований.** Для выявления эколого-геохимических особенностей почв и почвогрунтов Сокольных гор осенью 2011 г. был заложен профиль с 15 пробными площадями (ПП). Исходная точка профиля располагалась на селитебной территории пос. Красная Глинка, недалеко от конечной остановки маршрутных такси на улице Батайской, на земельном участке (предположительно с наносной или техногенно нарушенной почвой) между теплотрассой и асфальтированной дорогой (ПП 1). Затем линия профиля пересекла лесной массив, расположенный на южном и северном склонах Сокольных гор (ПП 2-6), террасы и днище Усть-Сокского карьера (ПП 7-11, 13, 14) и вышла к равнинному пространству и Столовому склону близ западной оконечности карьера (ПП 12, 15). Со всех ПП отбирались образцы почв (в карьере – почвогрунтов) с глубины до 10 см. Для каждого образца с помощью общепринятых методов были определены рН, содержание органического углерода ( $C_{орг}$ ), минеральных форм азота и тяжелых металлов (табл.). Активность бактерий рода *Azotobacter* была оценена методом их культивирования на безазотистой среде Эшби по диаметру колоний.

**Результаты и обсуждение.** Как следует из табл., проанализированные образцы имели слабощелочную и щелочную реакцию почвенного раствора (рН в пределах 7,22-8,78), что связано с высокой карбонатностью почвообразующих пород. Наибольшей щелочностью характеризовались карбонатные почвогрунты террас и днища

Прохорова Наталья Владимировна, доктор биологических наук, профессор кафедры экологии, ботаники и охраны природы. E-mail: ecology@samsu.ru

Головлёв Алексей Алексеевич, доктор географических наук, профессор кафедры экологии

Куликова Мария Вячеславовна, аспирантка

Макарова Юлия Владимировна, кандидат биологических наук, ассистент кафедры экологии, ботаники и охраны природы

Усть-Сокского карьера. В отобранных образцах почв и почвогрунтов был обнаружен  $C_{орг}$ , являющийся составной частью гумуса. Наибольшее количество  $C_{орг}$  (4,03-4,33%) установлено для почв ПП 2-5, расположенных под лесом на южном и северном склонах Сокольных гор. Почвы безлесной

равнинной территории, примыкающей к западной оконечности Усть-Сокского карьера и почвы верхней части степного Столового склона (ПП 12, 15) содержали несколько меньшее количество  $C_{орг}$  (3,63-4,32%), а почвогрунты карьера (ПП 7-11, 13, 14) – всего 0,25-2,13% (табл.).

**Таблица.** Результаты химического анализа почв и почвогрунтов западной части Сокольных гор

№ ПП	рН	$C_{орг}$ , %	Азот, мг/кг			Тяжелые металлы, мг/кг				
			$NH_4^+$	$NO_2^-$	$NO_3^-$	Pb	Cu	Zn	Cd	Ni
1	7,82	1,87	12,43	0,61	56,07	12,5	20,1	30,0	0,57	33,6
2	7,58	4,18	26,97	6,29	241,24	14,0	19,0	30,3	0,92	26,8
3	7,53	4,33	25,27	4,27	261,56	18,0	18,4	30,8	0,64	24,5
4	7,31	4,23	21,79	5,87	264,99	22,2	17,4	32,5	0,58	28,7
5	7,22	4,03	18,44	6,92	175,53	14,2	11,2	28,3	0,53	22,0
6	8,06	2,22	19,37	1,00	53,66	31,0	7,4	31,9	2,03	24,6
7	8,33	2,13	9,76	0,74	50,97	36,7	6,4	27,4	2,36	27,5
8	8,65	1,87	4,57	0,66	62,07	35,9	5,6	15,9	2,52	27,1
9	8,72	0,83	4,20	0,61	28,54	30,9	5,8	9,4	2,33	26,8
10	8,78	0,25	1,69	0,36	40,22	34,2	6,5	12,8	2,55	27,4
11	8,05	1,53	11,02	1,14	77,02	25,6	7,0	17,2	2,03	26,7
12	7,80	4,32	17,80	10,13	79,77	28,0	16,2	30,0	1,50	30,0
13	8,66	0,40	5,63	0,48	35,12	33,0	6,5	16,0	2,60	30,3
14	8,27	0,53	2,88	0,79	71,92	35,0	7,7	17,6	2,34	29,6
15	7,85	3,63	17,80	2,00	65,34	19,6	11,0	27,2	1,76	30,5

Примечание: ПП 7-11, 13, 14 находятся на террасах и днище карьера

При разложении органических остатков и минерализации гумуса в почве и почвогрунтах образуется аммонийный азот ( $NH_4^+$ ), который в процессе нитрификации трансформируется хемотрфными микроорганизмами в две формы – нитритную ( $NO_2^-$ ) и нитратную ( $NO_3^-$ ). В минеральном питании растений участвуют все формы азота, но аммонийный азот лучше усваивается растениями. В изучаемых почвах и почвогрунтах содержание аммонийного азота варьировало от 1,69 (ПП 10) до 26,97 мг/кг почвы (ПП 2). Содержание нитритов изменялось от 0,36 (ПП 10) до 6,92 (ПП 5) мг/кг почвы. Среди анализируемых минеральных форм азота наиболее высокими концентрациями в субстратах всех пробных площадей характеризовался нитратный азот (от 28,54 мг/кг на ПП 9 до 264,99 мг/кг – на ПП 4). Пространственный анализ показал, что максимальные концентрации всех минеральных форм азота обнаруживаются в почвах лесных пробных площадей, расположенных на северном и южном склонах Сокольных гор, а минимальные концентрации – в почвогрунтах пробных площадей, заложенных на днище и террасах Усть-Сокского карьера. Содержание  $NO_2^-$  и  $NO_3^-$  в урбаноземе (ПП 1) было близко к аналогичным показателям почвогрунтов карьера, а содержание  $NH_4^+$  в урбаноземе несколько превысило показатели почвогрунтов. Следовательно, в карбонатном мелкоземе, формирующемся на вскрытом скальном днище и террасах карьера, накапливаются  $C_{орг}$  и основные минеральные формы азота ( $NH_4^+$ ,  $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$ ), что свидетельствует о протекании первичного почвообразовательного процесса на техногенно нарушенной территории. Об интенсивности

этого процесса можно косвенно судить по микробиологической активности почв и почвогрунтов.

Максимальный уровень активности азотобактера (превышающий в 12 раз активность азотобактера в почвах лесных ПП) был выявлен в почвогрунтах днища и террас Усть-Сокского карьера. Известно, что азотобактер наиболее активен при щелочной реакции почв, их достаточной обеспеченности минеральным азотом и кальцием [2]. Почвогрунты карьера богаты кальцием, характеризуются высокой щелочностью, но содержат небольшое количество аммонийного, нитритного и нитратного азота. На недостаточную обеспеченность почвогрунтов доступными формами азота указывает также светлая окраска листьев *Populus nigra* L., *P. tremula* L., *Betula pendula* Roth, *Salix caprea* L., *S. pentandra* L. [5], растущих в карьере. Вероятно, что в условиях дефицита субстратного азота повышенная активность азотобактера объясняется фиксацией этими микроорганизмами молекулярного азота из атмосферного воздуха.

Анализ распределения тяжелых металлов в почвах и почвогрунтах изучаемых пробных площадей выявил достоверную элементную специфичность. Так, распределение концентраций Cu и Zn в значительной степени повторяли характер распределения  $C_{орг}$  и минеральных форм азота, т.е. максимальные концентрации были выявлены в почвах лесных ПП, а минимальные – в почвогрунтах днища и террас карьера. Картину, обратную распределению Cu и Zn, демонстрировали Pb и Cd: их максимальные концентрации, достигающие уровня ПДК, были выявлены в почвогрунтах карьера, а минимальные – в почвах лесных ПП и

урбаноземе. Содержание Ni в почвах и почвогрунтах Сокольных гор было достаточно равномерным и варьировало от 22,0 до 33,6 мг/кг (табл.). По сравнению с данными 2010 г. [5] в карбонатном мелкозем карьера достоверно снизилось содержание Cu, Zn и Ni, но практически не изменилось относительно высокое содержание Pb и Cd.

#### Выводы:

1. Проведенные нами эколого-геохимические исследования показали, что карбонатный мелкозем, накапливающийся на скальном фундаменте днища и террас Усть-Сокского карьера, спустя десятилетия после прекращения добычи строительного сырья в определенной степени обогатился органическим углеродом, а также макро- и микроэлементами минерального питания. Химический состав пород скального фундамента обуславливает слабощелочную и щелочную реакцию почвогрунтов карьера и в целом способствует интенсификации процессов первичного почвообразования и ренатурализации растительности, особенно за счет кальцефильных и некоторых других видов древесных, кустарниковых и травянистых растений.

2. Количество  $C_{орг}$  в гумусированных почвах лесных массивов и открытых пространств, расположенных вокруг карьера, значительно превысило содержание органического углерода в слабогумусных почвогрунтах карьера. Содержание минеральных форм азота в почвах под лесом оказалось на порядок выше, чем в карбонатном мелкозем днища и террас Усть-Сокского карьера. Повышенная активность азотобактера в почвогрунтах карьера, на наш взгляд, обусловлена фиксацией молекулярного азота из атмосферного воздуха.

3. Территориальные особенности накопления тяжелых металлов проявляются в том, что концентрации Cu и Zn в лесных почвах более чем в 1,5-2 раза превысили концентрации тех же элементов в карбонатном мелкозем карьера. Pb и Cd, напротив, более интенсивно аккумуляровались субстратом карьера. В отличие от лесных почв северного и южного склонов Сокольных гор, карбонатный мелкозем был насыщен Pb и Cd в количествах, существенно превышающих региональный фон и достигающих ПДК, что подтверждает необходимость эколого-биогеохимического мониторинга. Соединения Ni не проявили специфичности накопления в почвах и почвогрунтах обследованной территории.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Атлас земель Самарской области / гл. ред. Л.Н. Порошина. – Самара, 2002. 101 с.
2. Глазовская, М.А. Геохимические функции микроорганизмов / М.А. Глазовская, Н.Г. Добровольская. – М.: МГУ, 1984. 152 с.
3. Почвенная карта Куйбышевской области. Масштаб 1:300 000. – М.: ГУГК, 1988.
4. Почвы Куйбышевской области / отв. ред. Г.Г. Лобов. – Куйбышев: Кн. изд-во, 1984. 392 с.
5. Прохорова, Н.В. Эколого-биогеохимические особенности субстрата и растений в Усть-Сокском карьере // Н.В. Прохорова, А.А. Головлёв, Ю.В. Макарова, П.А. Артюгин // Известия Самарского научного центра РАН. 2011. Т.13, № 1(4). С. 878-881.
6. Чекмарева, И.И. Объяснительная записка к обзорной карте месторождений строительных материалов Куйбышевской области масштаба 1:1 000000 / И.И. Чекмарева; под ред. И.Н. Молчанова. – М.: Министерство геологии РСФСР, Геологический фонд РСФСР, 1974. 200 с.

## ECOLOGICAL AND GEOCHEMISTRY FEATURES OF SOILS AND SOIL-GROUNDS AT THE WESTERN PART OF SOKOLIY MOUNTAINS

© 2012 N.V. Prokhorova<sup>1</sup>, A.A. Golovlyov<sup>2</sup>, M.V. Kulikova<sup>1</sup>, Yu.V. Makarova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Samara State University

<sup>2</sup> Samara State Economic University

Territorial features of accumulation the heavy metals, mineral forms of nitrogen and activity of *Azotobacter* in soils and soil-grounds at Sokoliy mountains and Ust-Sokskiy pit are revealed.

Key words: *Sokoliy mountains, Ust-Soksky pit, soils, soil-grounds heavy metals, mineral forms of nitrogen, Azotobacter*

*Nataliya Prokhorova, Doctor of Biology, Professor at the Department of Ecology, Botany and Nature Protection. E-mail: ecology@samsu.ru*  
*Aleksey Golovlyov, Doctor of Geography, Professor at the Ecology Department*  
*Maria Kilikova, Post-graduate Student*  
*Yuliya Makarova, Candidate of Biology, Assistant at the Department of Ecology, Botany and Nature Protection*