

УДК 550.42

ГЕОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЧВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА САКСКОГО РАЙОНА

Алексаикин И. В., Дубас В. В., Ткач О. С.

*ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь,
Российская Федерация
E-mail: aligor@rambler.ru*

Приведены результаты геохимического анализа почв, в пределах агропромышленного комплекса Сакского района. В настоящей работе были произведены расчеты коэффициентов концентрации химических элементов в почве относительно ПДК и относительно фона, определены суммарные показатели химического загрязнения почв, рассчитаны индексы загрязнения. Статистический анализ данных включал в себя расчет статистических параметров и построение корреляционной матрицы. Результаты расчетов и анализа отражены в представленных в работе таблицах и картосхемах, соответственно.

Ключевые слова: Сакский район, агропромышленный комплекс, территориально-производственный комплекс, геохимический анализ почв, токсиканты.

ВВЕДЕНИЕ

Почва – самостоятельное органоминеральное природное тело, имеющее специфические генетико-морфологические признаки, свойства, создающие для роста и развития растений соответствующие условия [1]. Появление и накопление в почве не свойственных ей химических элементов приводит к загрязнению и деградации почвенного покрова. Поступление огромного количества промышленных отходов, химических удобрений, пестицидов и т.п. способствует образованию искусственных биогеохимических провинций с измененным составом и свойствами почвы. Поступающие элементы и соединения могут передаваться по пищевым цепям и, таким образом, представляют огромную опасность для здоровья населения.

Агропромышленный комплекс (АПК), в рамках Сакского района, представлен отраслями растениеводства и животноводства тем самым являясь одним из самых крупных производителей сельхозпродукции. Общая площадь сельскохозяйственных угодий составляет 159 тыс. га, в т.ч. пашни – более 143 тыс. га. Отдельно следует отметить территориально-производственный комплекс (ТПК) района, который славится разработкой камня-ракушечника (в данной сфере работает 13 предприятий). Хотя карьеры и не являются частью АПК, но оказывают прямое негативное воздействие на него, что обусловлено ежегодным увеличением количества территорий по разработке месторождений за счет земель сельскохозяйственного назначения.

Таким образом, в ходе активной антропогенной деятельности почвы Сакского района претерпевают значительные изменения состава и свойств, что делает актуальным и необходимым проведение геохимического анализа почв исследуемого района.

Цель статьи заключается в анализе результатов проведенного геохимического анализа почв АПК и ТПК Сакского района. Основными задачами исследования явились изучение существующих методов геохимической оценки почв и выбора наиболее репрезентативных из них, проведение геохимического анализа АПК и ТПК Сакского района по имеющимся фондовым материалам, выявление характерных для анализируемых почв ассоциаций химических элементов и корреляционных связей между ними.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Данная работа является результатом исследования, произведенного на основе фондовых материалов, собранных для почв Сакского района в ФГБУ «ЦАС «Крымский». В основу работы вошли данные агрохимического, экологотоксикологического обследования участков «Столбового», «Западно-Журавлевского» месторождений и участков земель сельскохозяйственного назначения Крайненского, Кольцовского, Охотниковского, Добрушинского и Воробьевского сельских поселений (СП). Обследования проводились осенью 2017 г. и весной 2018 г. В работе так же были использованы накопительные данные агрохимического обследования сельскохозяйственных земель в период с 2015–2017 г.г. В свою очередь рис. 1 иллюстрирует расположение участков отбора проб на территории Сакского района.

Территория участка «Западно-Журавлевского» месторождения приурочена к Центральнo-Степному агропочвенному району (в соответствии с картой районирования почв Крымского полуострова), основным типом почв которого являются черноземы южные мицелярно-карбонатные. Участок «Столбового» месторождения и участки земель сельскохозяйственного назначения Крайненского, Кольцовского, Охотниковского, Добрушинского и Воробьевского СП расположены в Альминско-Сакском (юго-западном) почвенном районе. Основной тип почвы – дерновые карбонатные почвы на элювии плотных карбонатных породах, луговые (зольные почвы).

Существует ряд методик для оценки геохимического состояния почвенного покрова. Многие из них основаны на сравнении фактической концентрации химического элемента в почвах с существующими нормативами (ПДК, ОДК и фоновые содержания). В конечном результате, подобные методы анализа характеризуют превышение содержания того или иного химического элемента в почвах и грунтах, отражают эффект суммарного воздействия группы элементов [2].

ГЕОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЧВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА САКСКОГО РАЙОНА



Рис. 1. Участки отбора проб на территории Сакского района.

Для обработки и интерпретации полученных данных нами были применены методы статистического анализа с последующим построением корреляционной матрицы. Аналитическое исследование проводилось с использованием общепринятых методик геохимической оценки почв и включает в себя несколько этапов рассмотренных ниже.

Этап 1. Расчет коэффициента концентрации относительно ПДК ($K_{ciПДК}$) и относительно фона ($K_{ci(фона)}$). Данные показатели характеризует соответственно превышение содержания элемента в почвах над его ПДК и фоновым содержанием тяжелых металлов [3].

$$K_{ciПДК} = C_i / ПДК; K_{ci(фона)} = C_i / C_{fi}, \quad (1)$$

где C_i – фактическое содержание i -го химического элемента в почвах и грунтах, мг/кг;

$ПДК$ – предельно допустимые концентрации химических веществ в почве, мг/кг;

C_{fi} - фоновое содержание i -го химического элемента в почвах и грунтах, мг/кг.

Этап 2. Определение суммарного показателя химического загрязнения почвы (Z_c), который позволяет оценить уровень комплексного загрязнения [4].

$$Z_c = K_{ci} + \dots + K_{cn} - (n - 1), \quad (2)$$

где n – количество учитываемых химических элементов;

K_{ci} – коэффициент концентрации i -го компонента загрязнения, превышающий единицу.

При расчете показателя Z_c учитываются только коэффициенты концентрации > 1 , поскольку элементы со значением $K_{ci} < 1$ не являются загрязнителями согласно определению понятия [5]. В соответствии с полученными значениями выделяются следующие категории почв по степени химического загрязнения: <16 – допустимое, $16,1-32,0$ – умеренно опасное, $32,1-128$ – опасное, >128 – чрезвычайно опасное.

Этап 3. Расчет индекса загрязнения почвы (ИЗП).

$$\text{ИЗП} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_i}{C_{\text{ПДК}}} \right) / n \quad (3)$$

где $\left(\frac{C_i}{C_{\text{ПДК}}} \right)$ – отношение содержания вещества в точке отбора пробы к ПДК;

n – количество определяемых ингредиентов.

По существу ИЗП представляет собой интегральный уровень ПДК. Выделяются следующие категории состояния химического загрязнения почв по ИЗП (качество почвогрунта): $<0,75$ – хорошее (чистый), $0,75-1,0$ – удовлетворительное (проблемный), $>1,0$ – неудовлетворительное (загрязненный) [5]. Опасность загрязнения тем выше, чем больше значение ИЗП.

Этап 4. Анализ динамики изменения количества расположенных на территории Сакского района складов пестицидов и ядохимикатов в период с 2015 – 2018 гг. [6].

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Для подготовки фондовых материалов обследования почв Сакского района к эколого-геохимическому анализу была проведена статистическая обработка данных (табл.1). Статистический анализ произведен на основании методических указаний по применению математических методов в геохимии [7], и включал в себя вычисление таких показателей как среднее значение, стандартное отклонение, медиана, мода, дисперсия, эксцесс, асимметричность, минимум, максимум и счёт. Имеющийся статистический ряд принадлежит к нормальному закону распределения, поскольку значения асимметрии и эксцесса не превышают значения 3, соблюдены неравенства [8]: Асимметрия (A) = $\sqrt{(6/N)} \leq 3$; Эксцесс (E) = $(2\sqrt{(6/N)}) \leq 3$.

**ГЕОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЧВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА
САКСКОГО РАЙОНА**

Таблица 1.

Статистические характеристики содержания химических элементов в почвах
агропромышленного комплекса Сакского района

Участок отбора проб	Химич. элемент	Среднее значения	Станд. отклонения	Me	Mo	Дисперсия	Эксцесс	Асимметричность	Min	Max	Счёт
Западно-Журавлевское месторождения	Cu	0,16	0,02	0,16	0,19	0,00	0,34	0,75	0,14	0,18	4
	Co	0,11	0,05	0,10	0,15	0,00	0,58	1,02	0,06	0,17	4
	Zn	0,35	0,17	0,33	0,69	0,03	-3,19	0,42	0,19	0,56	4
	Mn	17,79	2,62	17,41	0,26	6,89	-1,05	0,65	15,20	21,15	4
	Pb	0,65	0,17	0,65	0,11	0,03	-1,94	0,20	0,47	0,85	4
	Cd	0,07	0,01	0,07	0,05	0,00	-1,29	0,85	0,06	0,08	4
Сталбовое месторождения	Cu	0,19	0,03	0,19	0,18	0,00	-0,55	0,02	0,14	0,23	9
	Co	0,13	0,05	0,12	0,42	0,00	-0,97	0,39	0,06	0,18	9
	Zn	0,15	0,07	0,15	0,56	0,01	0,01	1,72	0,10	0,18	9
	Mn	15,34	5,89	17,23	0,09	34,69	-0,89	0,02	8,18	18,45	9
	Pb	0,86	0,21	0,79	0,13	0,04	-0,36	0,59	0,57	0,94	9
	Cd	0,07	0,01	0,08	0,12	0,00	-0,52	-0,82	0,06	0,08	9
Участок с/х земель Крайненского СП	Cu	0,16	0,05	0,15	0,54	0,03	-2,94	0,54	0,12	0,22	4
	Co	0,14	0,02	0,13	0,65	0,02	0,45	0,65	0,12	0,17	4
	Zn	0,20	0,08	0,17	0,17	0,00	3,00	0,21	0,14	0,31	4
	Mn	17,21	1,75	16,72	0,24	0,01	0,89	0,06	15,75	19,64	4
	Pb	0,54	0,24	0,49	0,64	0,00	0,34	1,29	0,32	0,86	4
	Cd	0,07	0,01	0,07	0,32	0,00	-1,20	1,46	0,05	0,08	4
Участок с/х земель Кольцовского СП	Cu	0,15	0,02	0,15	0,16	0,00	2,62	0,43	0,14	0,18	4
	Co	0,14	0,07	0,14	0,12	0,00	0,01	0,31	0,07	0,22	4
	Zn	0,30	0,21	0,24	0,08	0,01	-2,42	1,53	0,14	0,58	4
	Mn	13,87	6,76	13,01	0,08	5,89	0,62	-0,30	7,31	22,14	4
	Pb	0,89	0,27	0,82	0,06	0,03	-1,29	0,33	0,65	1,25	4
	Cd	0,08	0,01	0,08	0,45	6,89	2,53	-0,38	0,07	0,09	4
Участок с/х земель Охотняковского СП	Cu	0,16	0,03	0,16	0,12	0,03	-0,58	0,65	0,13	0,21	5
	Co	0,13	0,04	0,13	0,13	0,00	2,98	0,48	0,07	0,17	5
	Zn	0,20	0,09	0,17	0,15	0,00	1,94	0,92	0,13	0,38	5
	Mn	14,92	3,95	14,85	0,14	13,87	-2,63	0,07	14,85	19,68	5
	Pb	0,73	0,17	0,81	0,24	0,05	-1,49	0,15	0,53	0,95	5
	Cd	0,07	0,01	0,07	0,06	0,02	-1,29	0,14	0,05	0,08	5
Участок с/х земель Добрушлянского СП	Cu	0,17	0,04	0,16	0,07	0,00	-2,79	0,30	0,14	0,22	4
	Co	0,16	0,06	0,16	0,56	0,01	-0,42	1,02	0,09	0,22	4
	Zn	0,14	0,03	0,14	0,00	0,06	-4,95	0,06	0,11	0,18	4
	Mn	18,26	2,93	18,33	0,08	6,89	1,98	0,18	10,15	21,15	4
	Pb	0,77	0,14	0,80	0,16	0,03	-1,29	0,42	0,57	0,91	4
	Cd	0,07	0,01	0,08	0,64	0,03	-2,94	0,56	0,07	0,08	4
Участок с/х земель Воробьевского СП	Cu	0,16	0,03	0,16	0,32	0,00	0,45	0,09	0,12	0,19	6
	Co	0,14	0,04	0,14	0,16	0,00	3,00	0,13	0,09	0,17	6
	Zn	0,24	0,08	0,24	0,12	0,00	0,89	0,20	0,15	0,36	6
	Mn	16,05	3,94	16,90	0,08	0,01	0,34	0,85	9,00	20,36	6
	Pb	0,82	0,24	0,76	0,47	0,02	-0,52	0,02	0,73	0,25	6
	Cd	0,07	0,01	0,07	0,25	0,03	-2,94	0,18	0,05	0,80	6

Произведенный корреляционный анализ позволил выявить ряд закономерностей взаимосвязи химических элементов (табл. 2). Устойчиво фиксируется наличие достоверной корреляции между Pb и Cd (0,94), средняя связь проявляется в парах Co–Cd (0,42), Cu–Pb (0,30), Co–Pb (0,30), Zn–Mn (0,21). В остальных случаях связь незначительна или отсутствует. Функциональную взаимосвязь отображает построенная вручную схема корреляционных связей (Рис. 2.). При уровне значимости 0,05 ($t = 2$) достоверное значение коэффициента корреляции составляет 0,29.

Таблица 2.

Коэффициенты корреляции концентрации химических элементов на участках отбора проб агропромышленного комплекса почв Сакского района

Элемент	Cu	Co	Zn	Mn	Pb	Cd
Cu	1,00					
Co	-0,03	1,00				
Zn	-0,66	0,51	1,00			
Mn	-0,05	0,67	0,21	1,00		
Pb	0,30	0,30	0,01	-0,84	1,00	
Cd	0,10	0,42	0,15	-0,80	0,94	1,00

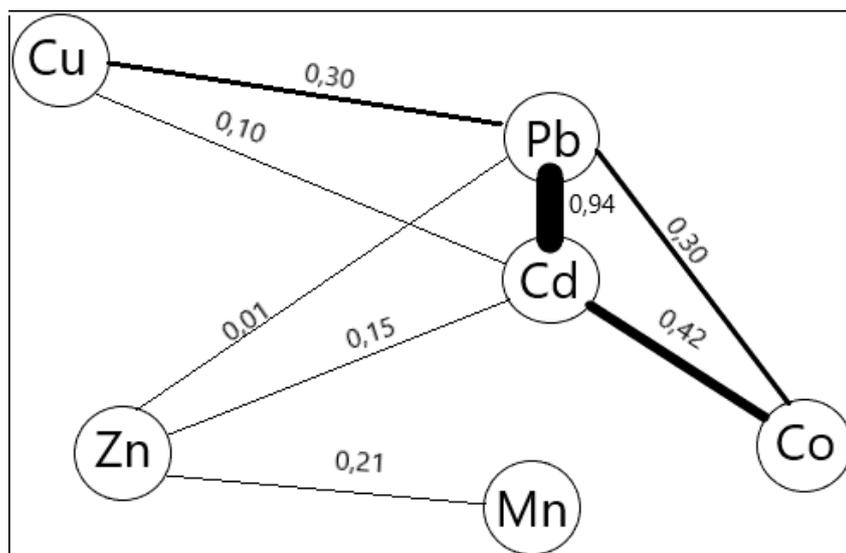


Рис. 2. Схема корреляционных связей химических элементов в почвах агропромышленного комплекса Сакского района.

Корреляционный анализ был выполнен для выявления сходств (различий) поведения химических элементов в процессах миграции. Мерой взаимозависимости двух элементов X и Y служит величина коэффициента парной корреляции между их содержаниями, где x , y , – содержания элементов (или их логарифмы) в точках опробования. Коэффициент корреляции – безразмерная величина и лежит в диапазоне от -1 до $+1$ [8].

Данный вид статистического анализа используется в целях выделения геохимических парагенезисов, генетически единых ассоциаций элементов. Высокий уровень корреляции между Pb и Cd (0,94) позволяет говорить о возможности существования парагенной ассоциации данных элементов в почвах агропромышленного комплекса Сакского района. Элементы Pb и Cd двухвалентны, амфотерные, относятся к первому классу опасности и имеют схожие миграционные свойства.

Рассчитанные коэффициенты концентрации относительно ПДК ($K_{ci(ПДК)}$) и относительно фона ($K_{ci(фона)}$) не показали наличия превышений содержания элемента в почвах и грунтах над его ПДК и фоновым содержанием тяжелых металлов. Соответственно, стало невозможным вычисление суммарного показателя химического загрязнения почвы (Z_c), поскольку коэффициенты концентрации, не превышающие единицу, не являются загрязнителями согласно определению понятия [9].

Вычисленный индекс загрязнения почв (ИЗП), согласно выделенным категориям, позволил охарактеризовать состояние химического загрязнения исследуемых участков почв как «хорошее (чистый)», поскольку ни один из показателей ИЗП не превысил значение 0,75, что так же означает отсутствие химического загрязнения.

Таким образом, геохимический анализ данных агрохимического эколого-токсикологического обследования почв на участках земель АПК и ТПК Сакского района показал отсутствие химического загрязнения почв (табл. 3.).

ВЫВОДЫ

В данной работе были представлены результаты геохимического анализа почв агропромышленного комплекса Сакского района. На основании проведенного исследования сделаны следующие выводы:

На участках агропромышленного комплекса земель Сакского района химическое загрязнение почв отсутствует. Рассчитанные коэффициенты концентрации относительно ПДК и относительно фона не показали наличия превышений содержания какого-либо химического элемента в почвах и грунтах над его ПДК и фоновым содержанием тяжелых металлов. Тем не менее, высокий уровень корреляции между Pb и Cd (0,94) позволяет говорить о возможности существования парагенной ассоциации данных элементов в почвах. Это свидетельствует о наличии антропогенного воздействия, осуществляемого, предположительно, применяемыми в земледелии химическими удобрениями.

Таблица 3
 Результаты геохимического анализа данных агрохимического эколого-токсикологического обследования почв на участках агропромышленного комплекса земель Сакского района

Участок отбора проб	№ Пробы	К _{сi} (ПЦК)						К _{сi} (фона)						Z _c	ИЗП
		Cu	Co	Zn	Mn	Pb	Cd	Cu	Co	Zn	Mn	Pb	Cd		
Западно-Журавлевское месторождение	1	0,053	0,034	0,017	0,120	0,110	0,100	0,064	0,048	0,060	0,120	0,066	0,291	-	0,07
	2	0,051	0,025	0,013	0,196	0,107	0,100	0,062	0,045	0,065	0,196	0,054	0,254	-	0,08
Столбовое месторождение	1	0,065	0,024	0,011	0,160	0,106	0,101	0,035	0,0076	0,0056	0,160	0,060	0,289	-	0,07
	2	0,043	0,053	0,055	0,156	0,225	0,100	0,084	0,043	0,048	0,156	0,068	0,310	-	0,09
	3	0,052	0,025	0,012	0,152	0,160	0,100	0,068	0,025	0,068	0,152	0,045	0,268	-	0,07
	4	0,036	0,064	0,046	0,135	0,120	0,102	0,045	0,039	0,0059	0,135	0,023	0,296	-	0,08
	5	0,078	0,032	0,015	0,140	0,108	0,100	0,062	0,040	0,0075	0,140	0,066	0,185	-	0,07
Участок с/х земель Крайнего СП	1	0,048	0,028	0,018	0,132	0,201	0,103	0,059	0,046	0,0095	0,132	0,067	0,230	-	0,09
	2	0,540	0,016	0,016	0,470	0,190	0,100	0,074	0,038	0,0040	0,470	0,056	0,256	-	0,07
Участок с/х земель Кольцовского СП	1	0,080	0,048	0,011	0,230	0,104	0,100	0,063	0,056	0,0062	0,230	0,050	0,320	-	0,10
	2	0,046	0,035	0,026	0,140	0,150	0,100	0,067	0,041	0,0062	0,140	0,064	0,168	-	0,06
Участок с/х земель Охотниковского СП	1	0,076	0,029	0,017	0,310	0,123	0,102	0,048	0,040	0,0060	0,310	0,061	0,255	-	0,07
	2	0,053	0,015	0,012	0,180	0,410	0,100	0,060	0,061	0,0048	0,180	0,058	0,308	-	0,09
Участок с/х земель Добрушского СП	1	0,035	0,025	0,013	0,120	0,220	0,101	0,045	0,046	0,0052	0,120	0,065	0,165	-	0,12
	2	0,041	0,019	0,016	0,145	0,105	0,100	0,087	0,038	0,0060	0,135	0,043	0,245	-	0,09
Участок с/х земель Воробьевского СП	1	0,057	0,023	0,014	0,135	0,245	0,103	0,034	0,063	0,0078	0,14	0,052	0,301	-	0,07
	2	0,068	0,037	0,032	0,156	0,153	0,100	0,049	0,067	0,0054	0,158	0,028	0,168	-	0,10
	3	0,074	0,033	0,017	0,16	0,304	0,102	0,061	0,026	0,0046	0,34	0,066	0,215	-	0,06

ГЕОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЧВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА САКСКОГО РАЙОНА

Существующая в Сакском районе система ведения сельского хозяйства требует усовершенствований. Процессы деградации почв происходят вследствие несоблюдения научно обоснованной системы севооборотов и технологии возделывания сельскохозяйственных культур, уменьшения площадей лесозащитных полос, низких объемов внесения минеральных и органических удобрений. В большей части почв АПК Сакского района содержание органического вещества незначительно (от 2 до 3 %).

Список литературы

1. ГОСТ 27593–88 ПОЧВЫ. Термины и определения. Введ. 30.06.88. Обновлен 21.12.2017. URL: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/2224/> (дата обращения: 27.11.2018).
2. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами. М.: Минздрав СССР, 1987. 25 с.
3. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200076297> (дата обращения: 20.11.2018).
4. Орлов Д. С. Химия почв. М.: МГУ, 1992. 400 с.
5. Водяницкий Ю.Н. Тяжелые металлы и металлоиды в почвах. М.: ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 2008. 83 с.
6. Отчет Сакского района РК, 2015 г. 23 с.
7. Алексеев В.И. Смоленский В.В. Математические методы в геохимии, минералогии и петрологии: Методические указания по курсовому проектированию для студентов специальности 080600 . СПб.: Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет), 1998. 16 с.
8. Демина Т.Я. Геохимия. Методическое руководство к лабораторному практикуму. Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. 40 с.
9. Алексеев В.А. Экологическая геохимия: Учебник. М.: Логос, 2000. 627 с.

GEOCHEMICAL ANALYSIS OF SOILS OF AGROINDUSTRIAL COMPLEX OF SAKSK DISTRICT

Aleksashkin I. B., Dubas V. V. Tkach O. C.

*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation
E-mail: aligor@rambler.ru*

The article presents the results of a geochemical analysis of the soil within the agro-industrial complex of the Saksy district. In this work, we calculated the concentration ratios of chemical elements in the soil relative to the MPC and relative to the background, determined the total indicators of chemical pollution of the soil, calculated pollution indices. Statistical analysis of the data set included the calculation of statistical parameters and the construction of the correlation matrix. The results of the calculation and analysis are reflected in the tables and charts presented in the work, respectively.

The agro-industrial complex, within the framework of the Saksy district, is represented by large branches of plant growing and animal husbandry. The study area is one of the largest producers of agricultural products. The industrial complex of the area is famous for the production of shell stone. Careers are not part of the agro-industrial complex, but have

a negative impact on it. This is due to the annual increase in the number of quarrying areas at the expense of agricultural land.

The main factors of negative impact on the agro-industrial complex of the Saksy district are: intensive use of pesticides and toxic chemicals, lack of water in the North-Crimean Canal; destruction of the soil cover caused by the removal of soil from agricultural lands for the development of deposits (quarries); high proportion of man-made stress on the environment. Under the influence of these factors, the composition and properties of soils of the Saksy district change. Thus, it is clearly relevant and necessary to conduct a geochemical analysis of the soils of the agro-industrial complex of the studied area.

The geochemical state of the soil reflects the effect of many years of anthropogenic activity, in particular, sources of anthropogenic impact.

Keywords: Saksy district, agro-industrial complex, territorial-production complex, geochemical analysis of soils, toxicants.

References

1. GOST 27593–88 POChVY. Terminy i opredelenija (GOST 27593-88 SOILS. Terms and Definitions). Vved. 30.06.88. Obnovlen 21.12.2017. URL: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/2224/> (accessed: 27.11.2018).
2. Metodicheskie ukazaniya po ocenke stepeni opasnosti zagryazneniya pochvy himicheskimi veshchestvami (Guidelines for assessing the degree of danger of soil contamination by chemical substances). M.: Minzdrav SSSR, 1987, 25 p.
3. Metodicheskie ukazaniya po provedeniju kompleksnogo monitoringa plodorodija pochv zemel' sel'skohozjajstvennogo naznachenija (Guidelines for conducting integrated monitoring of soil fertility of agricultural lands). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200076297> (accessed: 20.11.2018).
4. Orlov D. S. Himiya pochv (Chemistry of soils). M.: MGU, 1992, 400 p.
5. Vodjanickij Ju.N. Tjazhelye metally i metalloidy v pochvah (Heavy metals and metalloids in soils). M.: GNU Pochvennyj institut im. V.V. Dokuchaeva RASHN, 2008, 83 p.
6. Otchet Saksogo rajona RK (Report of the Saksy district of the RC), 2015, 23 p.
7. Alekseev V.I. Smolenskij V.V. Matematicheskie metody v geohimii, mineralogii i petrologii: Metodicheskie ukazaniya po kursovomu proektirovaniju dlja studentov special'nosti 080600 (Mathematical methods in geochemistry, mineralogy and petrology: Guidelines for course design for students of specialty 080600). SPb.: Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj gornyj institut (tehnikeskij universitet), 1998, 16 p.
8. Demina T.Ja. Geohimija. Metodicheskoe rukovodstvo k laboratornomu praktikumu (Geochemistry. Methodical manual for laboratory practical work). Orenburg: GOU OGU, 2004, 40 p.
9. Alekseenko V.A. Jekologicheskaja geohimija (Ecological geochemistry): Uchebnik. M.: Logos, 2000, 627 p.

Поступила в редакцию 26.02.2019