

УДК 634.4

## Загрязнение тяжелыми металлами почв сельскохозяйственных угодий в зоне влияния газоперерабатывающего завода

*Уталиев А.А., Яковлева Л.В., Маслова Е.А.*

*Астраханский государственный университет*

### Аннотация

*Объектами исследования послужили бурые полупустынные и аллювиальные типы почв в Харабалинском районе Астраханской области с различным гранулометрическим составом, расположенные в зоне влияния Астраханского газоперерабатывающего завода, а также под газораспределительным трубопроводом. Исследуемая территория относится к категории земель сельскохозяйственного назначения. Завод располагается в прidelьтовой части Волги в 50–80 км на север от Астрахани. Наименования почв даны в соответствии с «Классификацией почв России». Описание почвенных профилей проводилось в соответствии с общепринятыми подходами. Содержание валовых форм тяжелых металлов в почве определяли атомно-абсорбционным методом. Полевое и лабораторное изучение почв проводилось согласно общепринятым методикам. В почвенных образцах определяли рН водной вытяжки, содержание органического углерода и гранулометрический состав. Содержание валовых форм кадмия, меди, свинца, никеля и цинка в тридцатисантиметровом слое почвы не превышает ориентировочно допустимых концентраций, но есть превышение средних фоновых значений. По итогам обследования выявлены сельскохозяйственные участки, на которых суммарный показатель загрязнения находится в пределах 19,9-23,2, что, в соответствии с нормативными документами, относит почву по степени ее химического загрязнения к умеренно-опасной.*

**Ключевые слова:** ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ, АСТРАХАНСКИЙ ГАЗОВЫЙ КОМПЛЕКС, ЗЕМЛИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ, ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ, АНТРОПОГЕННЫЙ ЛАНДШАФТ

### Введение

Рациональное использование земель сельскохозяйственного назначения как основное условие стабильного развития регионов должно находиться под

=====

государственным контролем и являться источником повышения качества сельскохозяйственной продукции. В целях организации рационального использования земель необходимо обеспечить их всестороннее изучение. В сентябре 2015 года на 70-й сессии Генеральной ассамблеи ООН были приняты 17 целей устойчивого развития на ближайшие пятнадцать лет (2016-2030 гг.), среди которых выделены: обеспечение продовольственной безопасности, улучшение питания и содействие устойчивому развитию сельского хозяйства, разработка моделей рационального потребления и производства. Одной из самых важных характеристик продовольственной безопасности является эколого-токсикологическое состояние почв. Наличие в почве повышенного количества тяжелых металлов (далее ТМ) представляется опасным для пищевой цепи и экосистемы в целом. Способность ТМ накапливаться в организмах, передвигаться по трофическим цепям и вызывать заболевания обуславливает необходимость выявления их концентрации в почвах, а также основных путей попадания в неё. Данные исследования особо актуальны для Астраханской области как ведущего сельскохозяйственного региона Российской Федерации.

Актуальность исследования техногенеза почв на региональном уровне обусловлена тем, что полученные результаты позволят прогнозировать реакции почв и их устойчивость на загрязнение ТМ, кроме того, данные исследования могут быть применены при выращивании экологически чистой сельскохозяйственной продукции.

**Цель работы:** оценить влияние ТМ 2-ого и 3-ого класса опасности на экологическое состояние почв (земельных участков сельскохозяйственного назначения) под распределительным газопроводом и в зоне воздействия газоперерабатывающего завода Астраханской области.

Для реализации данной цели необходимо определить морфологические, физико-химические свойства почв и содержание валовых форм тяжелых металлов.

### **Материалы и методы**

Описание почвенного покрова было выполнено на площадках, заложенных на землях сельскохозяйственного назначения в наиболее характерных местах, выделенных однородными растительными сообществами и экологическими условиями. Описание почвенных профилей проводилось в соответствии с общепринятыми подходами [1].

Наименования по типам почв даны в соответствии с «Классификацией и диагностикой почв России» [2] и с учетом «Систематики почв Волго-Ахтубинской поймы и дельты Волги» [3]. Отбор проб производился методом «конверта», согласно «Методу отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа» по глубинам 0-15 см и 15-30 см. Для определения содержания валовых форм ТМ делался смешанный почвенный образец с глубины 0-30 см.

Анализы почвенных образцов выполнены по апробированным методикам [4]:

- 1) реакцию почвенной среды (рН) определяли на приборе рН-метре DELTA 320;
- 2) содержание органического углерода – дихроматным методом по Тюрину [5];
- 3) гранулометрический состав (фракции физической глины и ила) определен пипет-методом по Качинскому в модификации Почвенного института [6];
- 4) Содержание подвижных форм ТМ было определено методом атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией [7].

### **Обсуждение результатов**

Объектами исследования были выбраны участки земель сельскохозяйственного назначения в Харабалинском районе Астраханской области, отведенные под выращивание сельскохозяйственной продукции, вблизи которых находился газораспределительный трубопровод. В соответствии с классификацией исследуемые участки представлены двумя типами почв. Участки, расположенные в п. Бугор, с. Кочковатка, с. Михайловка, с. Сасыколи, п. Чапчачи, представлены бурой полупустынной (аридной) почвой (Бп). Данная территория представляет собой современную эоловую равнину, сформированную перевеваемыми песками со следами древних ложбин стока и широким развитием барханного рельефа. Растительность здесь представлена белопопынно-злаковыми сообществами, пустынными кустарниками и псаммофитами на закрепленных, полужакрепленных и развеваемых песках. В пределах исследуемого участка вблизи с. Лапас выделен аллювиальный луговой насыщенный слоистый (Ал<sub>сл</sub>) тип почвы. Эти типы почв формируются на современных отложениях реки Волга и ее рукавов. Их отложения образовались в результате осадконакопления аллювиальных наносов. Растительность в пределах обследованного участка характеризуется аборигенными и адвентивными видами, которые по типу водного режима относятся к гигрофитам, мезофитам и ксерофитам.

Для описания морфологического строения почв в п. Чапчачи (участок №5) был заложен почвенный разрез, глубина которого составила 120 см. Поверхность почвы покрыта кустом кровельным. Мощность горизонта А составила до 6 см. Данный горизонт представлен рыхлой серочерной корочкой, имеются следы опада травянистой растительности, от НСІ не вскипает, слой практически сухой, светло-серый с буроватостью, пылевато-связнопесчаный, содержит много корней. Глубина залегания горизонта В – от 6 до 20 см, имеет серовато-буроватую окраску, он слабоуплотнен, пылевато-связнопесчаный, содержит корни растений, плохо оструктурен, сложение рыхлое, наблюдается слабое вскипание от НСІ. Ниже горизонт ВС, глубина залегания от 20 до 75 см, имеет желтовато-буроватый окрас с палевостью, слабоуплотненный, связнопесчаный с небольшим количеством корней, слабое вскипание от НСІ. После 75 см наблюдается материнская порода, имеющая ярко выраженный желтоватый окрас, связнопесчаный, карбонатный, рыхлый мелкозернистый песок. Второй почвенный разрез был заложен на участке №6 вблизи с. Лапас, глубина разреза составила 105 см. Горизонт А<sub>пах</sub> глубиной залегания до 8 см имеет темно-серую окраску с буроватым оттенком, средний суглинок пылевато-комковатой структуры, почва пронизана корнями растений и содержит остатки растений, горизонт суховат, граница ровная, переход замечен по цвету и сложению. Горизонт А<sub>1</sub> с глубиной залегания от 8 см до 44 см, свежий, темно-серый, среднесуглинистый, мелкокомковатый, среднеуплотненный, обилие корней растений (как тонких корней, так и корней тростника на глубине 35 см), присутствуют ракушки, видны белые пятна гипса, вскипание от воздействия 10%-ой соляной кислоты обнаруживается редко, пятнышки полуторных окислов, структура ореховатая. Мощность горизонта В<sub>са</sub> составляет от 44 см до 70 см, горизонт супесчаный, сильно уплотнен, по всему горизонту встречаются включения (ракушки), также включения гипса и единичные пятнышки полуторных окислов, на глубине 60-70 см присутствует белесая полоска, редко пронизан корнями растений, заметны прожилки, граница волнистая, переход по влажности и структуре замечен.

Исследованиями физико-механических свойств почв агроландшафта было установлено, что почвы участков №№ 1, 3 и 5 в слое 0-15 см по гранулометрическому составу относятся к песку рыхлому крупнопылевато-песчаному, почвы ключевых участков №№ 2, 4 – к песку связному крупнопылевато-песчаному. На ключевом участке № 1 с глубиной гранулометрический состав почв изменяется на супесь иловато-песчаную,

содержание илистой фракции на этом участке увеличивается с глубиной от 0,5 мм до 8,6 мм (табл. 1), почвы участка №6 по физическим свойствам относятся к суглинку тяжелому, мелкопесчаному, иловатому (табл. 1).

Закреплению ТМ в почве способствует тяжёлый гранулометрический состав и высокое содержание органического вещества. Чем выше показатель рН, тем выше подвижность анионообразующих элементов и сильнее сорбированность металлов [8].

Согласно результатам лабораторных анализов, почвенные образцы относятся к категории слабощелочных и щелочных почв. Значение рН варьирует от 7,4 до 8,2. Наиболее высокие значения рН (8,0-8,2) соответствуют участкам №1 (с. Михайловка), №2 (п. Бугор) и №6 (п. Лапас). Значения рН, превышающие 8,2, говорят о наличии в почвенном растворе содержания ионов  $\text{CO}_3^{2-}$  [9]. Это способствует развитию в почвенном покрове процесса осолонцевания.

Почвенный покров изучаемого ландшафта составляют две разновидности: аллювиальные луговые и бурые полупустынные почвы. Согласно данным ФГБУ «ГЦАС «Астраханский», среднее содержание гумуса в аллювиальных луговых почвах Астраханской области составляет 4,3-4,5 %, бурых полупустынных – 0,4-1,4 %. Изучение пространственного распределения гумуса на исследуемых угодьях установило, что наиболее насыщенным гумусом является участок №6 (п. Лапас), средневзвешенное содержание органического вещества составило 1,21% (табл. 1). На участках №1, №2, №3, №4 и №5 средневзвешенное содержание органического вещества не превышает 1%. Стоит отметить, что участок №4 (п. Кочковатка) в слое 15-30 см имеет насыщенность органическим веществом – 1,11%.

При эколого-токсикологической оценке состояния почв и грунтов используются следующие показатели [10]:

- фактическое содержание подвижной формы ТМ относительно ориентировочно допустимых концентраций (далее ОДК);
- коэффициент концентрации, характеризующий интенсивность техногенной аномалии;
- суммарный показатель загрязнения (Zс).

Таблица 1. Результаты физико-химических анализов почв исследуемых участков

Населенный пункт	Номер ключевого участка	Глубина, см	Фракции, мм							Гранулометрический состав почв	pH	Гумус, %
			1,00-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	Менее 0,001	Σ менее 0,01 мм			
с. Михайловка	1	0-15	5,4	91,1	2,1	0,5	0,4	0,5	1,4	Песок рыхлый крупнопылевато-песчаный	8,1	0,26
		15-30	2,8	79,2	4,5	2,3	3,8	7,4	13,5	Супесь иловато-песчаная	8,2	0,19
п. Бугор	2	0-15	5,1	86,8	2,9	0,1	0,5	4,6	5,2	Песок связный иловато-песчаный	8,0	0,72
		15-30	5,0	79,9	5,8	0,9	2,0	6,4	9,3	Песок связный иловато-песчаный	8,2	0,56
с. Сасыколи	3	0-15	4,4	92,8	1,4	0,2	1,1	0,1	1,4	Песок рыхлый крупнопылевато-песчаный	8,0	0,37
		15-30	2,9	85,6	7,2	2,5	0,7	1,1	4,3	Песок рыхлый крупнопылевато-песчаный	7,7	0,48
с. Кочковатка	4	0-15	4,0	84,7	3,0	0,1	2,0	6,2	8,3	Песок связный иловато-песчаный.	7,7	0,77
		15-30	3,9	80,5	6,5	2,4	2,5	4,2	9,1	Песок связный крупнопылевато-песчаный.	7,6	1,11
п. Чапчачи	5	0-15	2,2	85,8	8,0	1,7	1,1	1,2	4,0	Песок рыхлый крупнопылевато-песчаный	7,8	1,03
		15-30	3,5	86,5	7,0	2,0	0,9	0,1	3,0	Песок рыхлый крупнопылевато-песчаный	8,1	0,90
с. Лапас	6	0-15		49,2	19,6	3,2	5,2	22,8	31,2	Суглинок средний; иловатый, мелкопесчаный	7,9	0,81
		15-30		41,2	17,2	5,2	5,6	30,8	41,6	Суглинок средний; иловатый, мелкопесчаный	8,2	1,62

Согласно полученным данным, исследуемые земли имеют значения, не превышающие общепринятых показателей ОДК (табл. 2). Стоит отметить, что исследуемые участки в п. Бугор, с. Кочковатка и п. Чапчачи имеют высокое содержание меди, никеля, свинца и цинка.

Для выявления приоритетных (наиболее значимых) металлов, загрязняющих почвы, были рассчитаны коэффициенты концентрации ( $K_c$ ), определяемые отношением реального содержания тяжелого металла в почве к его фоновой концентрации [11]. В качестве фоновых значений концентраций загрязняющих веществ использованы показатели почв по результатам локального мониторинга почв на реперных участках № 22 и №14 ФГБУ ГЦАС «Астраханский» в Харабалинском районе Астраханской области [12].

Таблица 2. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ и их фактическое содержание в исследуемой почве, мг/кг

Наименование загрязняющего вещества	Группа почв	Величина ОДК (мг/кг) с учетом фона (кларка)	с. Михайловка	п. Бугор	с. Сасыколи	с. Кочковатка	п. Чапчачи	п. Лапас
			Фактическое содержание в почве, мг/кг					
Cu	песчаные и супесчаные;	33;	2,25	18,51	2,37	11,3	15,7	-
	близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые), рН КСl>5,5	132	-	-	-	-	-	22,7
Ni	песчаные и супесчаные;	20;	10,02	18,75	7,30	17,56	19,25	-
	близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые), рН КСl>5,5	80	-	-	-	-	-	43,0
Pb	песчаные и супесчаные;	32;	10,58	27,15	16,78	27,22	30,95	-
	близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые), рН КСl>5,5	130	-	-	-	-	-	7,9

Наименование загрязняющего вещества	Группа почв	Величина ОДК (мг/кг) с учетом фона (кларка)	с. Михайловка	п. Бугор	с. Сасыколи	с. Кочковатка	п. Чапчачи	п. Лапас
			Фактическое содержание в почве, мг/кг					
Zn	песчаные и супесчаные;	55;	9,23	27,25	15,07	26,26	23,6	-
	близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые), рН КСl>5,5	220	-	-	-	-	-	49,0
Cd	песчаные и супесчаные;	0,5	0,48	0,37	0,32	0,29	0,32	-
	близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые), рН КСl>5,5	2	-	-	-	-	-	0,86

Параметрами оценки принята кратность концентраций над фоном фактической концентрации ТМ. Фон является наиболее приемлемым сравнительным критерием, что отражено в таблице 3 «Содержание валовых форм тяжелых металлов по ключевым участкам в слое 0-30 см». Результаты сравнительной оценки загрязнения почв исследуемых участков и определения типов профильного распределения веществ на основе данных о содержании валовых форм тяжелых металлов (свинца, цинка, кадмия, меди и никеля) в слое 0-30 см позволили выявить следующие закономерности.

#### Свинец

По результатам сравнения концентрации загрязняющего вещества с величиной установленного ОДК, содержание свинца во всех исследованных почвенных разрезах не превышает нормы. При оценке загрязнения почвы, с учётом показателя коэффициента концентрации, присутствие свинца наблюдается во всех почвенных разрезах, коэффициент концентрации находится в пределах 1,12-7,42. Максимальная концентрация свинца представлена на участке №5, где при фактическом содержании свинца 30,95 мг/кг



и при региональном фоновом содержании 4,17 мг/кг коэффициент концентрации свинца составил 7,42 (табл. 3).

#### Цинк

По результатам сравнения концентрации загрязняющего вещества с величиной установленного ОДК, не наблюдается превышение установленной нормы. При оценке загрязнения с учётом показателя коэффициента концентрации почвы участков №2, №4 и №6 имеют превышение над фоновым содержанием (табл. 3). Коэффициент концентрации цинка на участке №6 составил 1,86 при фактическом содержании тяжелого металла 49,0 мг/кг и при фоновом содержании на аллювиальных почвах 26,4 мг/кг. Коэффициент концентрации цинка участков №2, №4 и №5 колеблется в пределах от 23,6 до 27,25 мг/кг при фоновом содержании на бурых полупустынных почвах 6,23 мг/кг.

#### Кадмий

По результатам сравнения концентрации загрязняющего вещества с величиной установленного ОДК и оценки загрязнения почвы с учётом показателя коэффициента концентрации, содержание кадмия на всех исследуемых участках не превышает установленной нормы. Стоит отметить, что участок №1 приближен к показателю ОДК (0,5 мг/кг).

#### Медь

По результатам сравнения концентрации загрязняющего вещества с величиной установленного ОДК превышения не наблюдается. При оценке загрязнения почвы, с учётом показателя коэффициента концентрации, самыми загрязненными являются почвы участков №2 и №6, где концентрация достигает 18,51 мг/кг и 22,7 мг/кг при фоновой концентрации 2,46 мг/кг и 5,15 мг/кг, соответственно (табл. 3).

#### Никель

По результатам сравнения концентрации загрязняющего вещества с величиной установленного ОДК превышение нормы не наблюдается, однако показатели участков №2, №4 и №5 близки к значению ОДК (20 мг/кг) (табл. 3). При оценке загрязнения почвы, с учётом показателя коэффициента концентрации 1,89-4,97, участком с низким показателем коэффициента концентрации никеля является участок №3, где при фактическом содержании никеля 7,30 мг/кг и при региональном фоновом содержании 3,87 мг/кг показатель коэффициента концентрации составил 1,89.

В перечень приоритетных загрязняющих металлов были включены те металлы, для которых  $K_c > 2$  (табл. 3).

Согласно исследованиям [13],  $Z_c < 16$  соответствует допустимой степени загрязнения. Как следует из данных таблицы 3, участки №1, №3 и №6 имеют допустимую степень нормативов  $Z_c$ .

Таблица 3. Содержание валовых форм тяжелых металлов по ключевым участкам в слое 0 - 30см

Номер исследуемого участка	Населенный пункт	Тяжелый металл	Фактическое содержание в почве, мг/кг	Региональное фоновое содержание, мг/кг	Коэффициент концентрации	Суммарный показатель загрязнения $Z_c$	Приоритетные загрязняющие вещества
1	2	3	4	5	6	7	8
1	с. Михайловка	Свинец	10,58	4,17	2,53	4,6	Ni, Pb
		Цинк	9,23	6,23	1,48		
		Кадмий	0,48	1,73	0,28		
		Медь	2,25	2,46	0,91		
		Никель	10,02	3,87	2,59		
2	п. Бугор	Свинец	27,15	4,17	6,51	20,2	Cu, Pb, Ni, Zn
		Цинк	27,25	6,23	4,37		
		Кадмий	0,37	1,73	0,21		
		Медь	18,51	2,46	7,52		
		Никель	18,75	3,87	4,84		
3	с. Сасыколи	Свинец	16,78	4,17	4,02	6,3	Pb, Zn
		Цинк	15,07	6,23	2,41		
		Кадмий	0,32	1,73	0,18		
		Медь	2,37	2,46	0,93		
		Никель	7,30	3,87	1,89		

1	2	3	4	5	6	7	8
4	с. Кочковатка	Свинец	27,22	4,17	6,53	16,9	Pb, Cu, Ni, Zn
		Цинк	26,26	6,23	4,22		
		Кадмий	0,29	1,73	0,17		
		Медь	11,3	2,46	4,59		
		Никель	17,56	3,87	4,57		
5	п. Чапчачи	Свинец	30,95	4,17	7,42	18,56	Pb, Cu, Ni, Zn
		Цинк	23,6	6,23	3,79		
		Кадмий	0,32	1,73	0,18		
		Медь	15,7	2,46	6,38		
		Никель	19,25	3,87	4,97		
6	с. Лапас	Свинец	7,9	6,24	1,26	4,4	Cu, Ni
		Цинк	49,0	26,4	1,86		
		Кадмий	0,86	1,86	0,46		
		Медь	22,7	5,15	4,41		
		Никель	43,0	16,6	2,59		

Рекомендации по использованию почв (СанПиН 2.1.7.1287-03): использование без ограничений, исключая объекты повышенного риска, использовать под любые культуры, мероприятия по снижению доступа токсикантов в растения не требуются.

По оценке опасности химического загрязнения почв к умеренно-опасным относятся участки №2, №4 и №5, суммарный показатель загрязнения которых находится в пределах 19,9-23,2. В соответствии с нормативным документом [14] по использованию почвы по степени ее химического загрязнения (умеренно-опасная), рекомендуется использовать в ходе строительных работ под отсыпки котлованов и выемок, на участках озеленения с подсыпкой слоя чистого грунта не менее 0,2 м. В перечисленных почвенных разрезах приоритетными загрязняющими веществами являются:

- свинец;
- медь;
- никель;
- цинк.

### Выводы

1. Почвы исследуемых участков №1-№5 относятся к бурым пустынным малокарбонатным почвам, участок №6 представлен аллювиальным луговым насыщенным слоистым (Ал<sub>сл</sub>) типом почвы. Реакция почвенной среды рН колеблется в пределах 7,4-8,2, что является слабощелочной и щелочной реакцией.

2. По содержанию органического вещества почвы участков характеризуются как низко обеспеченные (гумуса не более 2%). По гранулометрическому составу участки №1-№5 относятся к песку рыхлому крупнопылевато-песчаному; участок №6 относится к суглинку среднему, иловатому, мелкопесчаному.

3. Анализ результатов оценки загрязнения показал, что среди исследованных почвенных образцов наиболее чистыми являются почвы, расположенные под газораспределительным трубопроводом и в зоне влияния газоперерабатывающего завода в с. Михайловка, с. Сасыколи и с. Лапас ( $Z_c = 4,4-6,3$ ). Почвы данных территорий относятся к 1 категории с допустимой степенью загрязнения, и превышение нормативов  $Z_c$  не выявлено. Почвы территории п. Бугор, с. Кочковатка и п. Чапчачи относятся к умеренно опасным ( $Z_c = 16,9-20,2$ ). Данное превышение связано с близостью исследуемых участков и газораспределительного трубопровода.

### Список использованных источников

1. Розанов Б.Г. Морфология почв. – Москва. – 1983.
2. Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И. и др. Классификация и диагностика почв России. – Смоленск. – 2004.
3. Попов А.А. Систематика пойменных почв Волго-Ахтубинской поймы и дельты р. Волги // Почвоведение. – 1960, №5. – С. 65.
4. Растворова О.Г., Андреев Д.П., Касаткина Г.А. и др. Химический анализ почв // Учебное пособие. – СПб. – 1995.
5. ГОСТ 26213-91 Почвы. Методы определения органического вещества. – М.: Изд-во стандартов. – 1991. – С. 3.
6. Растворова О.Г. Физика почв: практическое руководство. – Л. – 1983.
7. Водяницкий Ю.Н. Формулы оценки суммарного загрязнения почв тяжелыми металлами и металлоидами // Почвоведение. – 2010 № 10. – С. 1276-1280.
8. Добровольский Г.В., Гришина Л.А. Охрана почв // Почвенно-мелиоративные исследования. – М.: Изд-во МГУ. – 1985. – С. 224.
9. Антипов-Каратаев И.Н. Связывание анионов с кальциевыми почвами и их

=====

компонентами при различных значениях рН среды // Издание Всесоюзн. ин-та удобрений и агропочвоведения им. К.К. Гедройца. – Труды Ленинградского отделения. – Л. – 1933, выпуск 23. – С. 84.

10. Курбатова А.С. Оценка состояния почв и грунтов при проведении инженерно-экологических изысканий. – М. – 2005. – С. 180.

11. Отв. ред. Ю.Е. Саев. Геохимия окружающей среды. – М. – 1990.

12. Доклад об экологической ситуации в Астраханской области // Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Астраханской области и г. Астрахани. – Астрахань: Изд-во Волга. – 2017.

13. Рустембекова С.А., Барабошкина Т.А. Микроэлементозы и факторы экологического риска. – М.: Университетская книга; Логос. – 2006. – С. 112.

14. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест. МУ 2.1.7.730-99.

=====

**Цитирование:**

Уталиев А.А., Яковлева Л.В., Маслова Е.А. Загрязнение тяжелыми металлами почв сельскохозяйственных угодий в зоне влияния газоперерабатывающего завода // АгроЭкоИнфо. – 2020, №4. – [http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2020/4/st\\_414.pdf](http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2020/4/st_414.pdf)