

Гидрометеорология и экология. 2022. № 69. С. 712—721.
Hydrometeorology and Ecology. 2022;(69):712—721.

Научная статья
УДК [614.771:632.122](470.46)
doi: 10.33933/2713-3001-2022-69-712-721

Оценка возможного воздействия Астраханского газового комплекса на почвенный покров за пределами санитарно-защитной зоны

Анна Анатольевна Токарева

Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия,
marga_gamma@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена начальному этапу исследований возможного загрязнения почвенного покрова территории, прилегающей к санитарно-защитной зоне (СЗЗ) Астраханского газового комплекса (АГК), в районе населенных пунктов. Исходя из преимущественного направления ветров юго-восточного направления, наибольшая техногенная нагрузка от возможных газовых выбросов источников АГК приходится на западную и юго-западную часть территории. Не исключается и естественный перенос газовых выбросов за пределы СЗЗ, шириной 5 км, от границ промышленных объектов. Впервые, за последние 10 лет, сопоставлены фактические данные о концентрациях веществ в воздухе и почвах. На отдельных участках территории установлена устойчивая сульфуризация почв в результате поступления соединений серы в составе выбросов комплекса и переноса с загрязненных участков при ветровой эрозии.

Ключевые слова: почвенный покров, соединения серы, ветровая эрозия, группа суммаций, Астраханский газовый комплекс, санитарно-защитная зона

Для цитирования: Токарева А. А. Оценка возможного воздействия Астраханского газового комплекса на почвенный покров за пределами санитарно-защитной зоны // Гидрометеорология и экология. 2022. № 69. С. 712—721. doi: 10.33933/2713-3001-2022-69-712-721.

Original article

Assessment of the Astrakhan gas complex's potential affecting the soil cover outside the sanitary protection zone

Anna A. Tokareva

Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia, marga_gamma@mail.ru

Summary. The article is devoted to the initial stage of studies of possible contamination of the soil cover of the territory adjacent to the sanitary protection zone (SPZ) of the Astrakhan gas Complex (AGC), in the area of settlements. The gas complex has been operating since 1987, with the soil cover studies being conducted only within the SPZ over the past 10 years. Due to the planned commissioning of new facilities, it becomes necessary to assess the condition of soils outside the SPZ complex, since the deterioration of soil

properties is one of the strongest factors in the formation of zones of environmental risk, crisis or disaster. Based on the predominant south-easterly winds, the greatest man-made gas emissions load from AGC sources falls on the western and south-western part of the territory. The natural transfer of gas emissions outside the SPZ of 5 km width from the borders of industrial facilities is not excluded. Soils in the area of settlements adjacent to the SPZ belong to floodplain. These are meadow-gray ilmen desertified soils formed on the terraces of ilmen. Floodplain soils are experiencing both agricultural and industrial stress. One of the ways of industrial pollution of floodplain soils of the territory is the deposition of polluting elements from the objects of the complex on the soil surface. The potential of such lands has been revealed only by 30 %. The development of meadow soils is a huge reserve for the development of agriculture in the region. For the first time, the actual data on the concentrations of substances in the air and soils have been compared. In some areas of the territory, stable sulfurization of soils has been established as a result of the intake of sulfur compounds as part of emissions and transfer from contaminated sites during wind erosion.

Keywords: soil cover, sulfur compounds, wind erosion, summation group, Astrakhan gas complex, sanitary protection zone.

For citation: Tokareva A. A. Assessment of the Astrakhan gas complex's potential affecting the soil cover outside the sanitary protection zone. *Gidrometeorologiya i Ekologiya = Journal of Hydrometeorology and Ecology*. 2022;(69):712—721. doi: 10.33933/2713-3001-2022-69-712-721. (In Russ.).

Введение

Промышленное освоение территории Астраханского газоконденсатного месторождения привело к нарушению естественного равновесия природной среды [1]. Располагаясь большей частью в полупустынной зоне, в условиях аридного климата, со средним количеством осадков около 200 мм в год, территория активно подвергается эоловой переработке рельефа, усиленной планировкой площадок при строительстве объектов комплекса [2]. АГК с широко развитой инфраструктурой на общей площади 742 км², является мощным источником загрязняющих веществ, напрямую и опосредованно воздействующих на почвенный покров. Прямое воздействие оказывают открытые склады комовой серы, сброс условно чистых стоков на полях орошения, другие источники. Опосредованное влияние оказывают выбросы в атмосферу вредных и токсичных веществ общим объемом свыше 80 тыс. т в год, такие как: оксид серы, азота, сероводород, серная пыль, углеводороды, меркаптаны, аммиак, сажа, микроэлементы.

Исходя из преимущественного направления ветров юго-восточного направления [3], наибольшая техногенная нагрузка от газовых выбросов источников АГК приходится на западную и юго-западную часть территории. Не исключается и естественный перенос газовых выбросов за пределы СЗЗ, шириной 5 км, от границ промышленных объектов. Кроме того, при таком направлении ветра возможен и зафиксирован перенос загрязняющих веществ не только с промышленных площадок комплекса, но и других регионов, добывающих и перерабатывающих углеводородное сырье (например, район Казахстана) [4].

В итоге уровень загрязнения почвенного покрова на территории, прилегающей к санитарно-защитной зоне, может приравниваться к высокой зоне риска и способствовать необратимым изменениям его физико-химического состава [5], высоким затратам на ремедиацию, другим негативным последствиям. Нужно отметить, что похожие задачи по рекультивации загрязненного почвенного покрова решаются и в других исследованиях [6, 7].

Целью исследования является формирование системы оценки уровня загрязнения почвенного покрова за пределами санитарно-защитной зоны от возможного воздействия АГК — источника выбросов соединений серы в атмосферу.

Методика исследования

Оценка и динамика загрязнения атмосферы и почвенного покрова в пределах СЗЗ комплекса проведена по литературным и справочным источникам. В качестве исходных данных использованы материалы ведомственной службы охраны окружающей среды предприятия, обеспечивающей регламентированный постоянный контроль в пределах СЗЗ и стационарного поста регионального органа Росгидромета в поселке Аксарайский (участок 1, промышленная зона АГК). Кроме того, были использованы материалы исследований, лаборатории охраны окружающей среды Астраханского научно-исследовательского и проектного института. Необходимо отметить, что на основании многолетних натурных замеров, выполненных вышеупомянутыми организациями, расчетов рассеивания загрязняющих веществ от источников АГК в атмосфере, оценке влияния выбросов на состояние почв и поверхностных водоемов в работе [8] выполнено обоснование размеров санитарно-защитной зоны.

Для оценки состояния почвенного покрова в непосредственной близости от границ СЗЗ, в зоне возможного воздействия комплекса были выбраны участки населенных пунктов: поселки Комсомольский, Сеитовка и Степное.

Качественный состав почв определен на основе собственных полевых исследований. Для химического анализа объединенная проба составлялась из пяти точечных проб, взятых из одного горизонта с глубины 0—20 см (рис. 1).

Анализ водной вытяжки в исследуемых почвах проведен общепринятым методом по Е. В. Аринушкиной [9], методы анализа нитратов и подвижной серы выполнялись по ГОСТам. Определение нитратов — ГОСТ 26951–86 «Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом», определение подвижной серы в почвах — ГОСТ 26490–85 «Почвы. Определение подвижной серы по методу ЦИНАО». Анализы выполнены в специализированной лаборатории.

Результаты исследований

В качестве отправной точки приняты фоновые значения загрязняющих веществ воздуха в поселках Комсомольский, Сеитовка, Степное, а также по поселку Аксарайский, наиболее близко расположенному пункту к АГК, за период 2009—2020 гг. (табл. 1).

За период наблюдений с 2009 по 2020 г. в промышленной зоне АГК отмечены превышения ПДК по следующим показателям (рис. 2):

- диоксид серы, максимальная величина превысила 3 ПДК (2009 г.);
- диоксид азота, максимальные концентрации значительно выше и в основном превышают допустимые нормативы (2017 г.);
- сероводород, максимальная величина превышения допустимых нормативов отмечалась в пределах 3 ПДК (2013 г.).

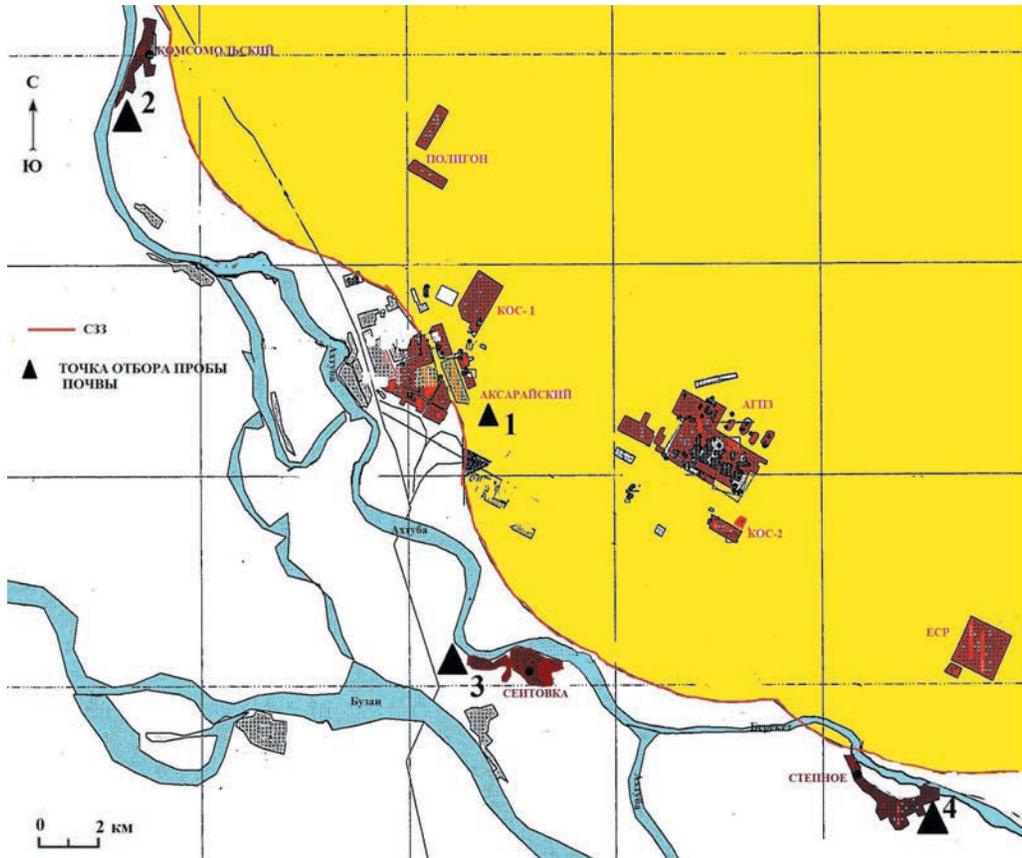


Рис. 1. Районы исследования:

1 участок — промышленная зона АГК; 2 участок — п. Комсомольский;
3 участок — п. Сейтовка; 4 участок — п. Степное.

Fig. 1. Research areas:

1 site — AGK industrial zone; 2 site — Komsomolsky settlement; 3 site — Seitovka settlement;
4 site — Stepnoye settlement.

Таблица 1

Фоновые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе
2009—2020 гг.

Background concentrations of pollutants in atmospheric air 2009—2020

Код вещества	Вещество, мг/м ³	Наименование пункта				ПДК _{мр}
		Аксарайский	Комсомольский	Сейтовка	Степное	
0330	Диоксид серы (SO ₂)	0,005	0,011	0,012	0,015	0,500
0301	Диоксид азота (NO ₂)	0,030	0,050	0,040	0,050	0,200
0333	Сероводород (H ₂ S)	0,002	0,004	0,004	0,005	0,008

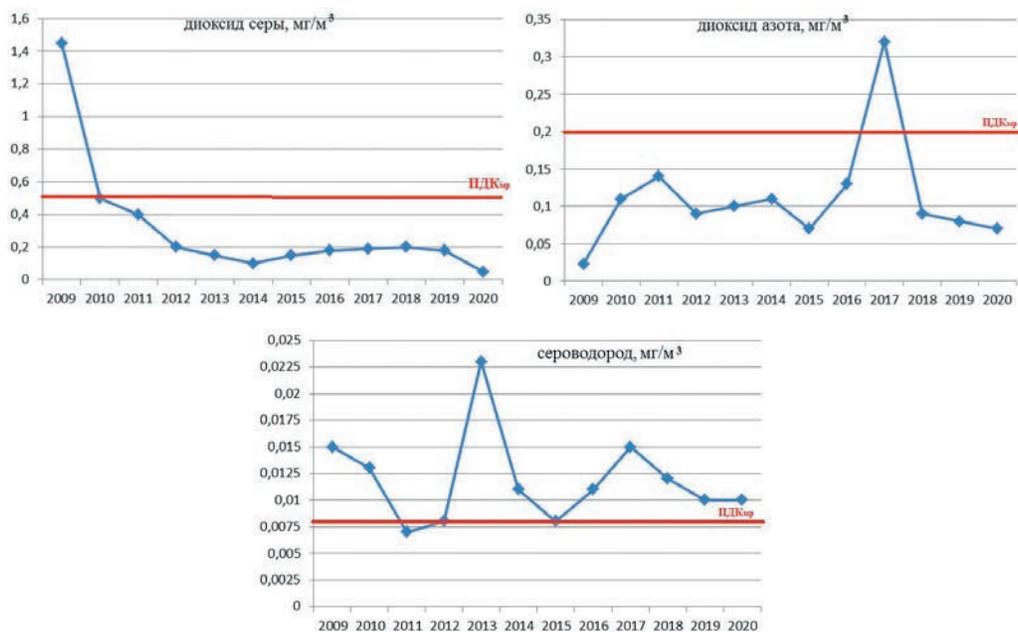


Рис. 2. Динамика содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе п. Аксарайский (максимальные концентрации), 2009—2020 гг.

Fig. 2. Dynamics of the content of pollutants in the atmospheric air of Aksaray settlement (maximum concentrations), 2009—2020.

В рамках исследования приведено распространение концентраций веществ в почвах в зависимости от расстояния и воздействия ветра на распространение веществ загрязнителей (группа суммаций — обладающие эффектом полной суммации, т. е. равняется сумме концентраций входящих в нее веществ в долях ПДК).

Расчеты рассеяния (2020 г.) загрязняющих веществ с учетом существующих уровней загрязнения атмосферы (рис. 3), показывают, что основными загрязнителями являются группа суммации: 6009 (0,78 ПДК на границе СЗЗ у п. Степное и 0,79 ПДК в самом поселке); 6043 (0,99 ПДК на границе СЗЗ у п. Степное и 0,97 ПДК в самом поселке).

Выполнены наблюдения за динамикой состояния почвенного покрова по участку № 1 (п. Аксарайский), в зоне влияния АГК (СЗЗ) с учетом характерных загрязняющих веществ, содержащихся в выбросах объектов АГК: оксида серы, азота, сероводорода. Необходимо отметить, что исследования проводились по двум типам почв.

Почвы полупустынной зоны комплекса в районе СЗЗ относятся к пескам с разной степенью зарастания, слабогумусированным песчаным, бурым полупустынным с различной степенью засоления. Формирование почв шло в условиях ветровой эрозии, в результате перевеяния песчаных эоловых отложений, подстилаемых песками и супесями. Почвы щелочные, реакция водной вытяжки — слабощелочная

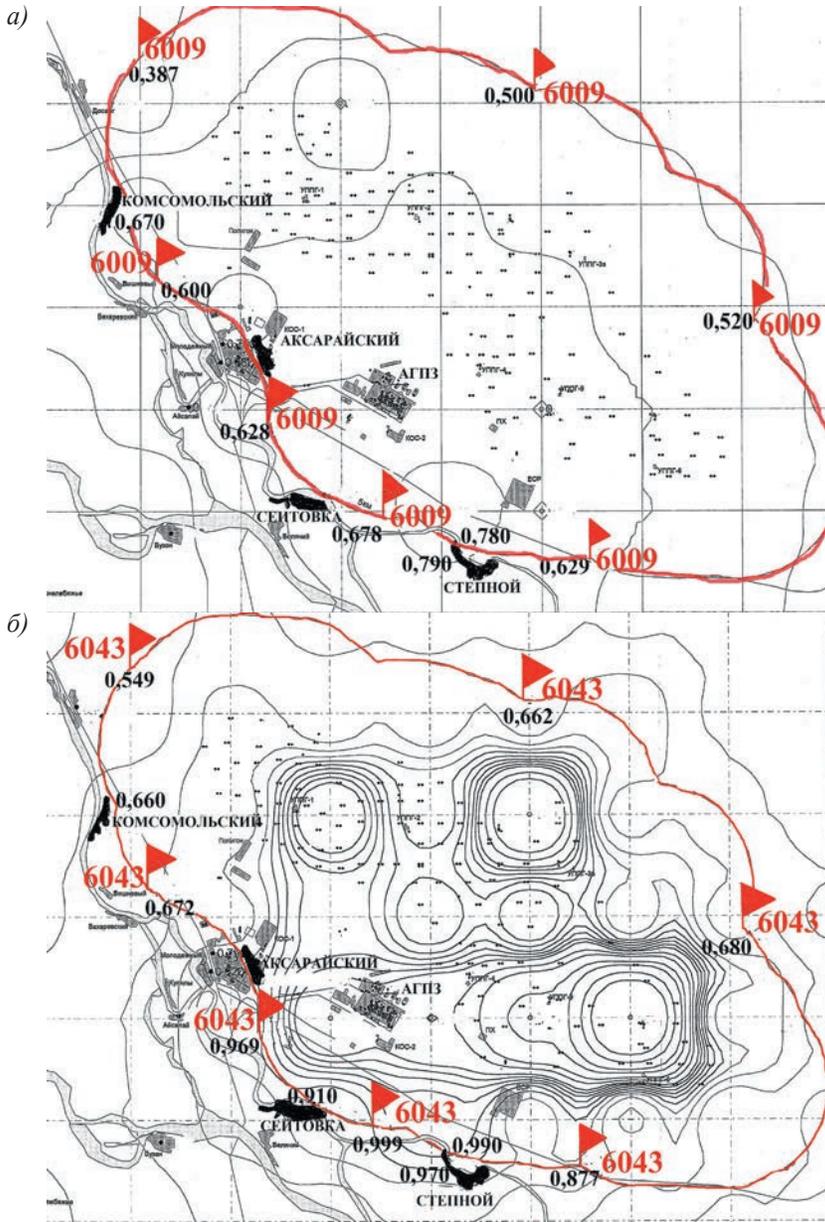


Рис. 3. Группа суммации у п. Степное:

- а) 6009 (0301 — азота диоксид; 0330 — сера диоксид);
- б) 6043 (0330 — сера диоксид; 0333 — сероводород).

Fig. 3. Summation group at Stepnoye:

- а) 6009 (0301 — nitrogen dioxide; 0330 — sulfur dioxide);
- б) 6043 (0330 — sulfur dioxide; 0333 — hydrogen sulfide).

($pH = 8,46—8,84$). Содержание сульфатов изменяется в широких пределах (в среднем составляет от 85 до 506 мг/кг при ПДК — 160 мг/кг). Концентрация нитратов в поверхностных горизонтах почвы варьирует в среднем от 3,5 до 11,4 мг/кг и не превышает ПДК (130 мг/кг). Среднее содержание нитратов увеличилось в настоящее время в 2,3 раза, по сравнению с данными за период 2009—2019 гг. Такие колебания содержания нитратов нельзя считать существенными, они зависят от конкретных климатических условий.

Почвы в зоне возможного воздействия АГК, участки № 2—4 (п. Сеитовка, п. Степное, п. Комсомольский) относятся к пойменной части. По мнению ряда исследователей [10], это лугово-серые ильменные опустыненные почвы, формирующиеся на террасах ильменей, сложенных песчаным аллювием, имеют легкий механический состав, преимущественно супесчаный. Значительная засоленность почв хлоридами и сульфатами щелочей, гипсом и карбонатами отмечается во внутренних, слабо дренируемых районах. При этом концентрация солей от места к месту не остается неизменной, возрастая на повышенных сухих участках и резко падая в пределах более увлажненных понижений [11]. Поэтому процессы накопления тех или иных концентраций веществ могут протекать по-разному.

Проведена статистическая обработка данных лабораторных исследований содержания в почвах концентраций ионов водорода, основных анионов и катионов, нитратов и подвижной серы. Полученные результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Химический состав веществ в почве (по состоянию на 2020 г.)
Chemical composition of substances in the soil (as of 2020)

Пункт исследований	Глубина, см	pH	Количество вещества (мг/кг)/ПДК (мг/кг)					
			Cl	SO ₄	Ca	Mg	NO ₃	SO ₃
Аксарайский	0–10	8,5–8,8	11/–	506/160	230/–	49/–	53,1/130	200/160
	10–20		32/–	85/160	100/–	50/–	10,1/130	170/160
Комсомольский	0–10	7,9–8,0	41/–	354/160	202/–	29/–	52,1/130	215/160
	10–20		30/–	102/160	161/–	76/–	18,1/130	176/160
Степное	0–10	7,8–7,9	27/–	236/160	250/–	30/–	39,2/130	880/160
	10–20		15/–	120/160	130/–	47/–	15,3/130	626/160
Сеитовка	0–10	8,0–8,2	35/–	480/160	156/–	80/–	34,2/130	250/160
	10–20		28/–	201/160	115/–	20/–	9,1/130	180/160

Примечание: «–» — ПДК не установлено.

Согласно полученным данным, содержание сульфатов изменяется в широких пределах от 85 до 506 мг/кг при ПДК 160 мг/кг. Концентрация нитратов варьирует в среднем от 9,1 до 53,1 мг/кг и не превышает ПДК 130 мг/кг. Концентрация подвижной серы превышена во всех четырех пунктах исследований, изменяется от 170 до 880 мг/кг при ПДК 160 мг/кг.

Такое распределение оксида серы по территории можно объяснить тем, что преимущественный поток воздушных масс представлен юго-восточным переносом и отражается группой суммации. Внутрипочвенное распределение серы,

по-видимому, связано с содержанием органического вещества в горизонтах, поскольку концентрация серы убывает с глубиной.

Выводы

Проведены исследования почвенного покрова территории, прилегающей к санитарно-защитной зоне (СЗЗ) Астраханского газового комплекса (АГК), в районе населенных пунктов (поселки Сеитовка, Степное, Комсомольский). Получены новые данные по состоянию на 2020 г. для пойменных земель, определяющие их сельскохозяйственное назначение. Впервые сопоставлены фактические данные о концентрациях веществ в воздухе и почвах в районе населенных пунктов. На отдельных участках территории установлена устойчивая сульфурзация почв в результате поступления соединений серы в составе выбросов комплекса и переноса с загрязненных участков при ветровой эрозии.

В связи с планируемым вводом новых объектов газового комплекса, учетом преимущественного юго-восточного направления ветров, можно предположить усиление техногенной нагрузки от газовых выбросов источников АГК на западную и юго-западную часть территории, расположенную не только в полупустынной зоне СЗЗ комплекса, но и за ее пределами. Исследования почвенного покрова в непосредственной близости от границ СЗЗ свидетельствуют о неравномерности перераспределения солей в почво-грунтах в зависимости от степени увлажненности различных его частей. При спаде половодья, происходящем лишь к середине лета, относительно повышенные участки, быстро осушаясь, становятся мощными аккумуляторами солей, которые путем бокового капиллярного оттока подтягиваются к ним со стороны промываемых понижений.

Кроме того, в этом районе не исключается осаждение на поверхности почв загрязняющих элементов от объектов комплекса при усилении ветров восточного направления, а также перенос долгоживущих в атмосфере загрязнителей с других регионов. Таким образом, дальнейшие негативные последствия, связанные с промышленным освоением пойменной зоны можно будет минимизировать, при условии соблюдения природоохранных мероприятий и ведения мониторинговых исследований.

Список литературы

1. Кочуров Б. И., Воронин Н. И., Гольчикова Н. Н. Геоэкологическая характеристика Астраханской области. Астрахань: Астрах. гос. техн. ун-т, 2004. 91 с.
2. Токарева А. А., Кутлусурина Г. В., Аронова Ю. В. Роль подземных и поверхностных вод аридной зоны в преобразованиях природных комплексов на примере Астраханской области // Проблемы региональной экологии. 2019. № 1. С. 78—89.
3. Kazmin A. S. Multidecadal variability of the hydrometeorological parameters in the Caspian Sea // Estuarine, Coastal and Shelf Science. 2021. V. 250. doi: 10.1016/j.ecss.2020.107150.
4. Информационный бюллетень «О состоянии окружающей среды Республики Казахстан» РГП «Казгидромет» Департамента экологического мониторинга Министерства окружающей среды и водных ресурсов. 2013. № 12 (170). 110 с.
5. Bauduin S., Clarisse L., Hadji-Lazaro J., Theys N., Clerbaux C., Coheur P.-F. Retrieval of near-surface sulfur dioxide (SO₂) concentrations at a global scale using IASI satellite observations // Atmos. Meas. Tech. 2016. V. 9. P. 721—740. doi: 10.5194/amt-9-721-2016.

6. Минашкина А. В., Кондратенко С. В., Воробьёва Е. А. Разработка программы мониторинга водных объектов вблизи рекультивированного полигона ТКО в пос. им. А. Космодемьянского Калининградской области // Гидрометеорология и экология. 2021. № 62. С. 96—112. doi: 10.33933/2074-2762-2021-62-96-112.
7. Минашкина А. В., Кондратенко С. В. Изменчивость химических показателей фильтрационных вод полигона твердых коммунальных отходов в пос. им. А. Космодемьянского Калининградской области // Гидрометеорология и экология. 2021. № 64. С. 558—574. doi: 10.33933/2713-3001-2021-64-558-574.
8. Fioletov V., McLinden C. A., Kharol S. K., Krotkov N. A., Li C., Joiner J., Moran M. D., Vet R., Visschedijk A. J. H., Gon H. V. D. Multi-source SO₂ emissions retrievals and consistency of satellite and surface measurements with reported emissions // *Atmos. Chem. Phys.* 2017. V. 17. P. 12 597—12 616. doi: 10.5194/acp-17-12597-2017.
9. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Книга по Требованию, 2013. 489 с.
10. Островская Е. В., Колокольцев С. Н., Колмыков Е. В. Состояние окружающей среды в районе Центрально-Астраханского газоконденсатного месторождения в Волго-Ахтубинской пойме. Астрахань: Типография ИП Малышев М.М., 2015. 231 с.
11. Токарева А. А., Кутлусурина Г. В. К оценке состояния природно-техногенных комплексов Астраханской области в связи с перспективой территориального планирования // *Фундаментальные исследования.* 2015. № 2 (12). С. 2621—2626.

References

1. Kochurov B. I., Voronin N. I., Golchikova N. N. *Geokologicheskiye xarakteristiki Astraxanckoy oblaci = Geocological characteristics of the Astrakhan region.* Astrakhan : Astrakh. gos. tekhn. un-t, 2004: 91 p. (In Russ.).
2. Tokareva A. A., Kutlusurin G. V., Aronova Y. V. The role of underground and surface waters of the arid zone in the transformations of natural complexes on the example of the Astrakhan region. *Problemy regional'noy ekologii = Problems of regional ecology.* 2019;(1):78—89. (In Russ.).
3. Kazmin A. S. Multidecadal variability of the hydrometeorological parameters in the Caspian Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science.* 2021;(250). doi: 10.1016/j.ecss.2020.107150.
4. *Informacionnyy biulleten' o sostoyanii okruzhayucey crede respubliki Kasaxstan = Newsletter "On the state of the Environment of the Republic of Kazakhstan".* 2013;12(170): 110 p. (In Russ.).
5. Bauduin S., Clarisse L., Hadji-Lazaro J., Theys N., Clerbaux C., Coheur P.-F. Retrieval of near-surface sulfur dioxide (SO₂) concentrations at a global scale using IASI satellite observations // *Atmos. Meas. Tech.* 2016;(9):721—740. doi: 10.5194/amt-9-721-2016.
6. Minashkina A. V., Kondratenko S. V., Vorobyova E. A. Development of a program for monitoring water bodies near the recultivated MSW landfill in the village named after A. Kosmodemyansky, Kaliningrad region. *Gidrometeorologia i ekologiya = Hydrometeorology and Ecology.* 2021;(62):96—112. doi: 10.33933/2074-2762-2021-62-96-112. (In Russ.).
7. Minashkina A. V., Kondratenko S. V. Variability of chemical parameters of filtration waters of the municipal solid waste landfill in the village named after A. Kosmodemyansky of the Kaliningrad region. *Gidrometeorologia i ekologiya = Hydrometeorology and Ecology.* 2021;(64):558—574. doi: 10.33933/2713-3001-2021-64-558-574. (In Russ.).
8. Fioletov V., McLinden C. A., Kharol S. K., Krotkov N. A., Li C., Joiner J., Moran M. D., Vet R., Visschedijk A. J. H., Gon H. V. D. Multi-source SO₂ emissions retrievals and consistency of satellite and surface measurements with reported emissions. *Atmos. Chem. Phys.* 2017;(17):12 597—12 616. doi: 10.5194/acp-17-12597-2017.
9. Arinushkina E. V. *Rucovodctvo po ximicheskomy analysy pohv = Manual on chemical analysis of soils.* 2013: 489 p. (In Russ.).
10. Ostrovskaya E. V., Kolokol'tsev S. N., Kolmykov E. V. *Sostoyaniye okruzhayucey credy v raione central'no-Astraxanckogo gazocondenatnogo mectorogdenia v Bolgo-Axtubinckoy poime = The state of the environment in the area of the Central Astrakhan gas condensate field in the Volga-Akh tuba floodplain.* 2015: 231 p. (In Russ.).

11. Tokareva A. A., Kutlusurina G. V. To assess the state of natural and man-made complexes of the Astrakhan region in connection with the prospect of territorial planning. *Fundamentalnie issledovaniya = Fundamental research*. 2015;2(12):2621—2626. (In Russ.)

Сведения об авторе

Анна Анатольевна Токарева, канд. геогр. наук, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология», ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», marga_gamma@mail.ru.

Information about the author

Anna A. Tokareva, PhD (Geogr. Sci), Associate Professor of the Department of “Life Safety and Environmental Engineering”, Astrakhan State Technical University.

Статья поступила 20.07.2022

Принята к публикации после доработки 22.10.2022

The article was received on 20.07.2022

The article was accepted after revision on 22.10.2022