

АНАСТАСИЯ АНАТОЛЬЕВНА ШАЙХУТДИНОВА
кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры экологии и природопользования геолого-географического факультета, Оренбургский государственный университет (Оренбург, Российская Федерация)
varvarushka@yandex.ru

ОЛЬГА ВИКТОРОВНА ЧЕКМАРЕВА
кандидат технических наук, доцент кафедры экологии и природопользования геолого-географического факультета, Оренбургский государственный университет (Оренбург, Российская Федерация)
mcs@mail.ru

ОЛЬГА СЕРГЕЕВНА МАРКОВА
магистрант кафедры экологии и природопользования геолого-географического факультета, Оренбургский государственный университет (Оренбург, Российская Федерация)
79228566287@mail.ru

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА ТЕРРИТОРИИ, ПРИЛЕГАЮЩЕЙ К САКМАРСКОЙ ТЭЦ Г. ОРЕНБУРГА

Представлены интегральная оценка степени загрязнения снежного покрова как индикатора состояния атмосферного воздуха и ранжирование территорий, прилегающих к Сакмарской ТЭЦ (г. Оренбург). Проанализированы приоритетные загрязняющие вещества по массе и токсичности, рассчитано значение категории опасности предприятия. Отобранные пробы снежного покрова исследованы на содержание вредных веществ с помощью титриметрического, фотоколориметрического и гравиметрического методов. Качество территорий, прилегающих к стационарным источникам загрязнения, оценивали по коэффициенту концентрации, показателю химического загрязнения осадков, экологической нагрузке загрязняющих веществ, абсолютной суммарной нагрузке всех примесей, выделяющихся из атмосферного воздуха при вымывании осадками. По данным показателям проведено ранжирование исследуемых территорий по зонам экологического неблагополучия с использованием существующих критерии оценки. В результате расчетов установлено, что исследуемые загрязняющие вещества разносятся на значительные расстояния от Сакмарской ТЭЦ, превышающие границы санитарно-защитной зоны предприятия. Следовательно, проживание людей в зоне загрязнения на расстоянии 1200 м от источника выброса в западном направлении от предприятия может оказаться на их здоровье.

Ключевые слова: снежный покров, концентрация загрязняющего вещества, коэффициент концентрации, показатель химического загрязнения осадков, экологическая нагрузка, суммарная экологическая нагрузка

ВВЕДЕНИЕ

Предприятия топливно-энергетического комплекса оказывают негативное воздействие на окружающую природную среду и являются источником неизбежного риска для людей и природной среды [5]. Целью нашего исследования являются интегральная оценка степени загрязнения снежного покрова как индикатора состояния атмосферного воздуха и ранжирование территорий, прилегающих к предприятиям топливно-энергетического комплекса, а также выявление зон загрязнения, в которых, возможно, проживает городское население.

Одним из предприятий топливно-энергетического комплекса является Сакмарская ТЭЦ, которая входит в состав филиала «Оренбургский» ПАО «Т Плюс». Сакмарская ТЭЦ в качестве основного топлива использует природный газ, а в качестве резервного – масло и мазут¹. Она предназначена для тепло- и электроснаб-

жения жилищно-коммунального сектора и производственного комплекса города Оренбурга и располагается на северной окраине города². Исследуемая территория относится к зоне умеренно континентального климата, который переходит в резко континентальный. Данный факт оказывает непосредственное влияние на резкое колебание среднегодовой температуры. В связи с этим отмечается недостаточность атмосферных осадков, и, как следствие, загрязняющие вещества длительное время пребывают в атмосферном воздухе.

Для проведения оценки экологического состояния территорий, прилегающих к Сакмарской ТЭЦ, в качестве индикатора были использованы атмосферные осадки в виде снега [3].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для отбора проб снежного покрова были организованы пункты наблюдения с учетом среднего-

дового направления ветра г. Оренбурга и размера санитарно-защитной зоны предприятия (500 м). Приоритетным направлением ветра в г. Оренбурге за зимний период 2015/16 года является восточное. В связи с этим три пробы снежного покрова отобраны с западной (наветренной) стороны предприятия «Сакмарская ТЭЦ», еще три пробы взяты с восточной (подветренной) стороны предприятия. Причем две пробы были взяты на границе санитарно-защитной зоны, то есть на расстоянии 500 м от предприятия, остальные были отобраны на расстоянии 1000 и 1500 м с западной и восточной сторон от промплощадки предприятия. Контрольные образцы проб (фоновые пробы) были отобраны в Ташлинском районе на расстоянии 150 км от источника выбросов.

Химический анализ на содержание в отобранных пробах вредных веществ осуществлялся с помощью титриметрического и фотоколориметрического методов. Титриметрическим методом было выявлено содержание в пробах хлорид-ионов, ионов кальция, магния, карбонат- и гидрокарбонат-ионов, сульфид- и гидросульфид-ионов. Фотоколориметрическим методом были определены концентрации ионов цинка, железа, меди, аммония и сульфат-ионов. Также было определено значение pH каждой пробы при помощи иономера И-160МИ и содержание взвешенных веществ гравиметрическим методом [2].

Коэффициент концентрации учитывает токсичность загрязняющих веществ по отношению к фоновым территориям:

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

где K_{ci} – коэффициент концентрации i -го загрязняющего вещества; C_i – концентрация i -го загрязняющего вещества, мг/л; C_{fi} – фоновая концентрация i -го загрязнителя, мг/л.

При исследовании антропогенного воздействия веществ необходимо производить комплексную оценку степени загрязнения атмосферных осадков (ΠXZ_{oc}) по показателю химического загрязнения:

$$\Pi XZ_{oc} = \sum_{i=1}^n K_{ci}, \quad (2)$$

где ΠXZ_{oc} – показатель химического загрязнения атмосферных осадков; K_{ci} – коэффициент концентрации i -го загрязняющего вещества; n – число определяемых примесей.

Ранжирование территорий по показателю ΠXZ_{oc} было произведено согласно критериям, представленным в табл. 1.

Оценку качества территории по экологическим нагрузкам на почву через атмосферные осадки проводили через дифференциальные и интегральные параметры по трем схемам:

- по абсолютной нагрузке отдельной i -й примеси (N_i);
- по абсолютной суммарной нагрузке всех примесей, выделяющихся из атмосферного воздуха (N_{sum});
- по относительной суммарной нагрузке, отнесенной к фоновой нагрузке (A) [3].

Ранжирование территории по экологическому неблагополучию по суммарным экологическим нагрузкам проводят согласно критериям, представленным в табл. 2.

По коэффициенту превышения экологических нагрузок загрязняющих веществ можно судить о стадии трансформации экосистемы. Критерии оценки представлены в табл. 3.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По данным проекта «Предельно допустимый выброс Сакмарской ТЭЦ», за 2015 год на предприятии образовалось 11054,17 тонны загрязняющих веществ³. Перечень основных загрязняющих веществ представлен в табл. 4.

Перечень загрязняющих веществ Сакмарской ТЭЦ включает 35 наименований [4], из них приоритетной примесью по массе выброса является диоксид азота, на долю которого приходится 45,57 %, на втором месте оксид углерода – 23,89 %, на третьем месте диоксид серы – 23,05 %⁴.

Количественная мера загрязняющих веществ, выделяющихся в атмосферный воздух, не учитывает их класс опасности, следовательно, для оценки степени воздействия Сакмарской ТЭЦ на атмосферный воздух был проведен расчет категории опасности предприятия (КОП)⁵. Установлено, что наиболее токсичной примесью в выбросах является диоксид азота, на его долю приходится 98,82 % значения КОП, на втором месте – углеводороды $C_{12} - C_{19}$ (0,65 %), на третьем – диоксид серы (0,41 %).

Согласно нашим расчетам, значение категории опасности предприятия для Сакмарской ТЭЦ составляет $386,1 \times 10^6 \text{ м}^3/\text{с}$. В соответствии с установленной классификацией исследуемое предприятие относится к I категории опасности, так как значение КОП от $31,7 \times 10^6 \text{ м}^3/\text{с}$ и более [4]. Однако согласно списку П-4.2 СанПиН 2.2.1/2.1.1 1200-03, исследуемое предприятие, которое для выработки и тепло-, и электроэнергии сжигает

Таблица 1

Критерии оценки экологического состояния компонентов окружающей среды [3]

Показатели	Параметры			
	Экологическое бедствие	Чрезвычайная экологическая ситуация	Критическая экологическая ситуация	Относительно удовлетворительная ситуация
pH	от 5,0 до 5,6	от 5,7 до 6,5	от 6,5 до 7,0	7,0 и выше
ΠXZ_{oc}	более 100	от 50 до 100	от 1 до 50	менее 1

Таблица 2
Критерии оценки качества территории по суммарным экологическим нагрузкам [3]

Характеристика территории	Значение суммарной экологической нагрузки
Сравнительно чистая территория	от 0 до 50 т/км ² ·год
Умеренно загрязненная территория	от 50 до 100 т/км ² ·год
Сильно загрязненная территория	от 100 до 200 т/км ² ·год
Территория с превышением предельно допустимой нагрузки	более 200 т/км ² ·год

Таблица 3
Стадии трансформации экосистемы [3]

Коэффициент превышения экологических нагрузок над фоновым значением	Стадия трансформации экологической системы
От 1,5 до 2,0	выпадение чувствительных видов
От 2,7 до 4,0	структурные перестройки экологической системы
От 6,0 до 7,0	частичное разрушение экологической системы
10 и выше	полное разрушение экологической системы

газообразное топливо, приравнивается ко II классу опасности, и размер санитарно-защитной зоны составляет 500 м.

Во всех организованных пунктах наблюдения были отобраны пробы снежного покрова и проведен химический анализ полученной талой воды. Результаты химического анализа представлены в табл. 5 и 6.

Ранжирование территории по величине pH показало, что все исследуемые территории относятся к зонам с относительно удовлетворительной

экологической ситуацией (согласно критериям оценки, представленным в табл. 1), так как значения лежат в интервалах 7,4–7,5.

Анализ данных табл. 6 показал, что на всех исследуемых территориях, прилегающих к ТЭЦ, приоритетным загрязнителем в снежном покрове по концентрации являются гидрокарбонат-ионы. Максимальная концентрация гидрокарбонат-ионов наблюдается в восточном направлении и значения концентрации находятся в интервале от 111,3 до 145,2 мг/л, на втором месте – взвешенные вещества (от 66,68 до 214 мг/л), на третьем – хлорид-ионы (от 38,31 до 65,6 мг/л), максимальные концентрации которых также наблюдаются в восточном направлении. Резкое увеличение концентрации загрязняющих веществ на расстоянии 1500 м можно объяснить тем, что рядом проходят железнодорожные пути, которые являются дополнительным источником загрязнения данной местности.

Далее были рассчитаны коэффициенты концентрации по формуле 1 (табл. 7).

При анализе выявлено, что приоритетной примесью по коэффициенту концентрации являются взвешенные вещества в восточном направлении, их значения находятся в интервале 9,95–32,02. После взвешенных веществ следуют сульфат-ионы и ионы кальция, значения которых находятся в интервале 13,75–16,41 и 7,62–28,6 соответственно.

Для определения экологического состояния прилегающей территории был рассчитан суммарный показатель химического загрязнения снежного покрова ($ЛХЗ_{oc}$) по формуле 2 [3]. Согласно рассчитанным значениям суммарного показателя

Таблица 4
Ранжирование загрязняющих веществ Сакмарской ТЭЦ по массе и токсичности

№ п/п	Наименование вещества	Класс опасности	Валовый выброс, т/год	Доля, %	КОВ, м ³ /с	Доля, %
1	Азота диоксид	2	5037,4	45,57	381563759,1	98,8
2	Углерода оксид	4	2641,4	23,89	10027,7	0,003
3	Серы диоксид	3	2547,5	23,05	1615120,5	0,41
4	Азота оксид	3	818,6	7,4	432480,5	0,01
5	Мазутная зола	2	5,3	0,048	–	–
6	Масло минеральное	–	2,1	0,019	–	–
7	Углеводороды C ₁ – C ₅	–	1,8	0,016	–	–
8	Углеводороды C ₆ – C ₁₀	–	0,6	0,005	–	–
9	Углеводороды C ₁₂ – C ₁₉	4	0,4	0,003	2507109,9	0,65
10	Взвешенные вещества	3	0,3	0,003	70,2	0,001
11	Другие вещества	–	1,5	0,014	–	–
ИТОГО		–	11050,5	100	386128567,8	100

Таблица 5
Влияние выбросов Сакмарской ТЭЦ на значение pH проб талой воды

Направление	Фоновое значение pH	Значения pH талой воды на различных расстояниях от Сакмарской ТЭЦ, м		
		500	1000	1500
Восточное	7,1	7,26	7,63	7,36
Западное		7,43	7,53	7,53

Таблица 6
Концентрация загрязняющих веществ в пробах талой воды

Наименование вещества	Фоновая концентрация C_{ϕ} , мг/л	Концентрация загрязняющих веществ в различных направлениях от Сакмарской ТЭЦ, мг/л					
		западное направление, м			восточное направление, м		
		500	1000	1500	500	1000	1500
Взвешенные вещества	6,7	86,89	80,22	157,22	116	66,68	214,6
Хлорид-ионы	8,1	51,84	41,16	33,81	38,31	47,33	65,36
Ионы аммония	0,7	0,052	0,089	0,075	0,061	0,057	0,084
Гидрокарбонат-ионы	29,5	145,2	140,39	67,78	140,4	111,3	145,2
Гидросульфид-ионы	1,09	2,54	3,30	3,59	2,8	3,3	3,38
Сульфат-ионы	0,12	1,89	2	1,44	1,76	1,65	1,97
Ионы цинка	0,01	0,005	0,002	0,0002	0,005	0,004	0,001
Ионы кальция	0,5	3,49	2,54	2,54	4,44	3,81	14,3
Ионы магния	0,3	1,14	0,81	0,8048	0,95	0,76	4,5
Ионы железа	0,1	0,1672	0,15	0,105	0,175	0,169	0,181
Ионы меди	0,001	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Таблица 7

Наименование вещества	Коэффициент концентрации загрязняющих веществ в различных направлениях от Сакмарской ТЭЦ					
	западное направление, м			восточное направление, м		
	500	1000	1500	500	1000	1500
Взвешенные вещества	12,96	11,97	23,46	17,31	9,95	32,02
Хлорид-ионы	6,4	5,08	4,17	4,72	5,84	8,06
Ионы аммония	0,0743	0,127	0,107	0,087	0,081	0,12
Гидрокарбонат-ионы	4,93	2,29	2,29	4,75	3,77	4,9
Гидросульфид-ионы	2,33	3,03	3,29	2,56	3,02	3,1
Сульфат-ионы	15,75	16,67	12	14,67	13,75	16,41
Ионы цинка	0,5	0,2	0,02	0,5	0,4	0,1
Ионы кальция	6,98	5,08	5,08	8,88	7,62	28,6
Ионы магния	3,8	2,68	2,68	3,16	2,53	15
Ионы железа	1,67	1,51	1,05	1,75	1,69	1,81
Ионы меди	0,4	0,25	0,22	0,3	0,3	0,4
ПХЗ _{oc}	55,79	48,88	54,36	58,68	48,95	65,42

химического загрязнения снежного покрова, на всех исследованных территориях (см. табл. 7) наблюдаются чрезвычайная экологическая и критическая экологическая ситуация. Причем в западном и восточном направлениях на расстоянии 1000 м от источника выброса складывается критическая экологическая ситуация, на всех остальных исследованных территориях – чрезвычайная экологическая ситуация.

Далее был проведен расчет экологической нагрузки загрязняющих веществ по формуле 3 и суммарные экологические нагрузки по формуле 5 (табл. 8).

В результате проведенных расчетов было установлено, что максимальные нагрузки на всех исследуемых территориях, прилегающих к Сакмарской ТЭЦ, в зимний период года оказывают гидрокарбонат-ионы. Максимальная нагрузка гидрокарбонат-ионов наблюдается в восточном направлении ($40,75-71,75 \text{ т}/\text{км}^2\cdot\text{год}$), на втором месте – взвешенные вещества ($26,72-80,31 \text{ т}/\text{км}^2\cdot\text{год}$), на третьем – хлорид-ионы ($15,35-26,19 \text{ т}/\text{км}^2\cdot\text{год}$). Следовательно, загрязняющие вещества

рассеиваются в приоритетном направлении ветра от территории города Оренбурга.

Для ранжирования территории по суммарным экологическим нагрузкам по всем исследуемым загрязняющим веществам использованы критерии оценки, представленные в табл. 2.

Таким образом, из значений суммарных экологических нагрузок, представленных в табл. 8, видно, что все исследуемые территории, прилегающие к Сакмарской ТЭЦ, относятся к сильно загрязненным (значения суммарных экологических нагрузок находятся в интервале от 100 до $200 \text{ т}/\text{км}^2\cdot\text{год}$), за исключением точки на расстоянии 1000 м в восточном направлении, которую можно отнести к умеренно загрязненным (значения суммарных экологических нагрузок находятся в интервале от 50 до $100 \text{ т}/\text{км}^2\cdot\text{год}$).

На фоновой территории суммарная экологическая нагрузка равна $48,84 \text{ т}/\text{км}^2\cdot\text{год}$, следовательно, это сравнительно чистая территория, согласно критериям оценки, представленным в табл. 2.

При расчете коэффициента превышения экологических нагрузок загрязняющих веществ над

Таблица 8
Экологические нагрузки загрязняющих веществ в пробах талой воды

Наименование вещества	Экологические нагрузки загрязняющих веществ в различных направлениях от Сакмарской ТЭЦ, т/км ² -год					
	западное направление, м			восточное направление, м		
	500	1000	1500	500	1000	1500
Взвешенные вещества	38,31	48,23	80,31	46,49	26,72	86,02
Хлорид-ионы	22,86	24,75	17,27	15,35	18,97	26,19
Ионы аммония	0,0227	0,0533	0,0382	0,024	0,023	0,034
Гидрокарбонат-ионы	63,57	71,75	40,75	56,27	44,61	58,2
Гидросульфид-ионы	1,12	1,98	1,83	1,12	1,3	1,35
Сульфат-ионы	0,8333	1,2	0,7359	0,7	0,66	0,78
Ионы цинка	0,002	0,001	< 0,001	0,002	0,002	< 0,001
Ионы кальция	1,54	1,78	1,53	1,78	1,53	5,73
Ионы магния	0,5	0,72	0,483	0,38	0,3	1,8
Ионы железа	0,07	0,09	0,05	0,07	0,07	0,07
Ионы меди	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
N _{сум}	128,8	150,6	143,0	122,2	94,2	180,2

Таблица 9
Влияние выбросов Сакмарской ТЭЦ на коэффициент превышения экологических нагрузок загрязняющих веществ

Направление	Значения коэффициентов превышения экологических нагрузок загрязняющих веществ над фоновыми значениями в различных расстояниях от Сакмарской ТЭЦ, м		
	500	1000	1500
Восточное	2,5	1,9	3,6
Западное	2,6	3,1	2,9

фоновыми значениями (табл. 9) выявлено, что на расстоянии 1000 м в восточном направлении наблюдается выпадение чувствительных видов согласно критериям, представленным в табл. 3, на всех остальных исследуемых территориях происходят структурные перестройки экологических систем [1].

В результате всех проведенных расчетов видно, что исследуемые загрязняющие вещества разносятся на значительные расстояния от Сакмарской ТЭЦ, превышающие границы санитарно-защитной зоны предприятия. Следовательно, проживание людей в зоне загрязнения на расстоянии 1200 м от источника выброса в западном

направлении от предприятия может оказаться на их здоровье.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, по суммарной нагрузке и коэффициенту превышения нагрузок загрязняющих веществ над фоновыми значениями можно проводить оценку качества территорий, прилегающих к источнику загрязнения природной среды. По суммарным экологическим нагрузкам можно оценить уровень экологического неблагополучия, а по коэффициенту превышения экологических нагрузок – выбрать приоритетные примеси и спрогнозировать стадию трансформации экосистемы.

ПРИМЕЧАНИЯ

¹ Сакмарская ТЭЦ ПАО «Т Плюс» [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://www.tplusgroup.ru/org/orenburg/organization/sakmarskaya-chp> (дата обращения 01.12.2016).

² Программы и данные по испытаниям котельного цеха Сакмарской ТЭЦ.

³ Проект «Предельно допустимый выброс Сакмарской ТЭЦ».

⁴ Форма государственной отчетности 2ТП-воздух Сакмарской ТЭЦ за 2015 год.

⁵ Проект ПДВ и программа воздухоохраных мероприятий. Оренбург: ОГУ, 1996.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куксанов В. Ф., Шайхутдинова А. А. Комплексная оценка влияния золоотвала Кумертауской ТЭЦ на экосистемы // Безопасность жизнедеятельности. 2009. № 7 (103). С. 36–42.
2. Тарасова Т. Ф., Гончар Л. Г., Зинюхин Г. Б. Мониторинг водных объектов. Оренбург: ОГУ, 2004. 55 с.
3. Цыцур А. А., Куксанов В. Ф., Бондаренко Е. В. Транспортно-дорожный комплекс и его влияние на экологическую обстановку города Оренбурга. Оренбург: ОГУ, 2002. 161 с.

4. Чекмарева О. В. Шабанова С. В., Бударников О. Е. Промышленная экология. Оренбург: ОГУ, 2008. 115 с.
5. Шайхутдинова А. А. Система экологического мониторинга как фактор устойчивого развития предприятия. Оренбург: ОГИМ, 2013. 148 с.

Shaykhutdinova A. A., Orenburg State University (Orenburg, Russian Federation)
Chekmareva O. V., Orenburg State University (Orenburg, Russian Federation)
Markova O. S., Orenburg State University (Orenburg, Russian Federation)

SNOW COVER ECOLOGICAL STATE ASSESSMENT OF THE TERRITORY ADJACENT TO SAKMARSKAYA CHP PLANT IN ORENBURG

An integrated assessment of the degree of the snow cover pollution, as an indicator of the state of the atmospheric air, and a subsequent ranking of the areas adjacent to Sakmarskaya CHP plant (Orenburg) are presented. Priority pollutant masses and their toxicity are analyzed. A degree of the enterprise's danger level is calculated. Selected samples of the snow cover were investigated for the content of harmful substances using titrimetric, photocalorimetric, and gravimetric methods. The ecological quality of the areas adjacent to stationary sources of pollution was evaluated. The assessment was calculated by the ratio of pollutant concentration, by the level of chemical pollution in precipitations, by the environmental load of contaminants, and by the total load of all impurities released by the sediment detachment into the atmospheric air in focus. According to these indicators, the ranking of studied territories in the zones of ecological challenge was conducted based on the existing evaluation criteria. In the course of our research it was established that all investigated pollutants were dispersed over considerable distances from Sakmarskaya CHP plant and crossed the sanitary-protective zone of the enterprise. Therefore, the health of the people residing in the western direction from the plant's location could be seriously affected. The area of contamination covers the territory of 1200 m from the source of emission.

Key words: snow cover, pollutants' concentration, concentration ratio, indicator of the sediments' chemical contamination, ecological burden, total environmental load

REFERENCES

1. Куksanov V. F., Shaykhutdinova A. A. Complex estimation of ash-bin influence on ecosystems at Kumertay thermal power station [Kompleksnaya otsenka vliyaniya zolootvala Kumertayskoy TETs na ekosistemy]. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*. 2009. № 7 (103). P. 36–42.
2. Tarasova T. F., Gonchar L. G., Zin'yukhin G. B. *Monitoring vodnykh ob'yektorov* [Monitoring of water bodies]. Orenburg, OGU Publ., 2004. 55 p.
3. Tsytura A. A., Kuksanov V. F., Bondarenko E. V. *Transportno-dorozhnyy kompleks i ego vliyanie na ekologicheskyyu obstanovku goroda Orenburga* [Transportation and road complex and its impact on the environment of the city of Orenburg]. Orenburg, OGU Publ., 2002. 161 p.
4. Chekmareva O. V., Shabanova S. V., Budarnikov O. E. *Promyshlennaya ekologiya* [Industrial Ecology]. Orenburg, OGU Publ., 2008. 115 p.
5. Shaykhutdinova A. A. *Sistema ekologicheskogo monitoringa kak faktor ustoychivogo razvitiya predpriyatiya* [Environmental monitoring system as a factor of sustainable development of the enterprise]. Orenburg, OGIM Publ., 2013. 148 p.

Поступила в редакцию 11.10.2016