



ЭКОЛОГИЯ И ПРОМЫШЛЕННОСТЬ РОССИИ

ISSN 1816-0395 (Print)
ISSN 2413-6042 (Online)

ECOLOGY & INDUSTRY OF RUSSIA

Рециклинг производственных
сточных вод

Извлечение диоксида кремния
из отходов рисового производства

Лесная рекультивация
породных отвалов



2019
Т. 23. № 4





ЭКОЛОГИЯ И ПРОМЫШЛЕННОСТЬ РОССИИ

Ежемесячный научно-технический журнал

Содержание

Инженерные решения

- 4** **И.Н. Липунов, В.И. Легкий, И.Г. Первова.** Аппарат для интенсификации процессов рециклинга производственных сточных вод
- 8** **М.И. Морозенко, В.В. Гришакова, С.Н. Никулина, О.В. Яковлева, М.Е. Сафронова.** Когенерационные газотурбинные установки с впрыском пара в процессе утилизации ТКО

Научные разработки

- 12** **Е.И. Горелова, В.В. Котов, Г.Н. Данилова.** Деманганация воды на углерод-силикатном композите
- 16** **Е.С. Дремичева.** Использование отходов сельского хозяйства для очистки сточных вод промышленных предприятий
- 20** **М.С. Паламарчук, Э.А. Токарь, М.В. Тутов, А.М. Егорин.** Дезактивация отработанных ионообменных смол, загрязнённых радионуклидами цезия и кобальта
- 25** **Д.А. Филатов, В.С. Овсянникова, К.А. Шаршов, В.А. Забелин, Д.И. Чуйкина.** Пилотные испытания микробиологического метода утилизации отработанных нефтяных масел

- 30** **Нго Хонг Нгиа, Л.А. Зенитова, Ле Куанг Зиен, Дао Нгок Чуен.** Способ получения аморфного наноразмерного диоксида кремния из отходов рисового производства
- 36** **Т.П. Косулина, О.С. Цокур, В.Ф. Черных.** Применение продуктов утилизации тяжелых нефтяных отходов в качестве гидрофобизирующих добавок
- 41** **В.А. Жигульский, Д.В. Жигульская, В.Ф. Шуйский, Е.Ю. Максимова.** Предпроектная сравнительная экологическая оценка альтернативных вариантов размещения производственного объекта

Анализ. Методики. Прогнозы

- 46** **И.В. Зеньков, В.В. Жукова, А.В. Агалакова, Г.И. Латышенко, В.Н. Вокин, Е.В. Кирюшина, Т.А. Веретенова.** Результаты комплексного исследования лесной рекультивации на породных отвалах угольного разреза "Бородинский"
- 52** **Д.А. Новиков, А.В. Черных, Ф.Ф. Дульцев.** Оценка качества подземных вод верхнеюрских отложений юго-западных районов Крымского полуострова для целей питьевого и сельскохозяйственного водоснабжения
- 58** **Я.Б. Легостаева, М.И. Ксенофонтова, В.Ф. Попов.** Геоэкологический мониторинг на территории подземных полигонов утилизации высокоминерализованных вод в Западной Якутии
-

ПРЕДПРОЕКТНАЯ СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВАРИАНТОВ РАЗМЕЩЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕКТА

В.А. Жигульский, Д.В. Жигульская, В.Ф. Шуйский, Е.Ю. Максимова
ООО "Эко-Экспресс-Сервис", ООО "ЭКОПЛЮС", г. Санкт-Петербург

Приведена технология предпроектной сравнительной оценки альтернативных вариантов размещения производственных объектов, разработанная Санкт-Петербургской эколого-проектной компанией "Эко-Экспресс-Сервис". Сравнение вариантов проводится на основе многокритериальной балльно-рейтинговой оценки в два этапа: сначала – определение и сравнение значений критериев экологической безопасности, затем – обобщающая сводная оценка по всей совокупности критериев. Для сведения полученных результатов в общую сравнительную балльную оценку используются четыре конкурентных метода, различающиеся степенью детализации учета индикаторной значимости критериев и соотношения разнотипных участков объекта. Этапы применения технологии иллюстрируются конкретными примерами. Основные положительные эффекты и преимущества ее использования обуславливаются повышением экологической безопасности строительства и значительной (на порядок) экономией средств федерального, регионального и местного бюджета и инвесторов благодаря исключению неблагоприятных вариантов размещения объекта еще на ранних стадиях проработки.

Ключевые слова: экологическая безопасность, производственный объект, технология оценки, критерии

Pre-project Comparative Environmental Assessment of Alternative Locations for a Production Facility

V.A. Zhigulsky, D.V. Zhigulskaya, V.F. Shuisky, E.Yu. Maximova

LLC "Eco-Express-Service", 195112 St. Petersburg, Russia,
LLC "EKOPLYUS", 195112 St. Petersburg, Russia

The technology of a pre-project comparative assessment of alternative options for locating production facilities, developed by the St. Petersburg ecological project company Eco-Express-Service, is presented. Comparison of options is carried out on the basis of a multi-criteria score-rating assessment in two stages: first, the determination and comparison of values of the environmental safety criteria, then a generalized summary assessment across the totality of the criteria. To bring the obtained results into a general comparative scoring, four competitive methods are used, differing in the degree of detail of the accounting for the indicator significance of the criteria and the ratio of different types of object sites. The stages of technology application are illustrated with concrete examples. The main positive effects and advantages of its use are due to the increased environmental safety of construction and significant (by an order of magnitude) savings of the federal, regional and local budgets and investors owing eliminating unfavorable placement options for the object at the early stages of development.

Keywords: environmental safety, production facility, technology of assessment, criteria

DOI: 10.18412/1816-0395-2019-04-41-45

Следуя общепринятой схеме проектного цикла, все варианты размещения производственного объекта всесторонне рассматриваются и сопоставляются в рамках типовой природоохранной проектной документации. По Постановлению Правительства РФ от 16 февраля 2008 г. № 87 "О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию", п. 25, раздел 8 "Перечень мероприя-

тий по охране окружающей среды" должен содержать результаты оценки воздействия объекта капитального строительства на окружающую среду (ОВОС). При этом, согласно "Положению об оценке воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в Российской Федерации" (утв. Приказом Госкомэкологии РФ от 16 мая 2000 г. № 372), в ходе этой оценки необходимо

определить и учесть ожидаемое воздействие на окружающую среду нескольких альтернативных вариантов размещения объекта и обосновать выбор наилучшего варианта (пп. 1.6, 2.4, 3.2.2., 4, 5, 11).

Таким образом, для реализации намечаемой деятельности (в том числе выбора места размещения объекта) необходимо рассмотреть несколько альтернативных вариантов и для каждого из них разработать

проектную документацию, включая и ее природоохранные компоненты. Соответственно, по всем, даже наиболее опасным вариантам размещения, проводится полный дорогостоящий и трудоемкий комплекс мероприятий: осуществляются многоплановые инженерные изыскания, затем на их основе дается оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС), с учетом ее результатов разрабатываются природоохранные проектные мероприятия (ПМО-ОС или МООС) и др.

Цель настоящей работы — представление технологии предпроектной сравнительной экологической оценки альтернативных вариантов размещения производственного объекта, позволяющей исключить экологически наихудшие варианты размещения опасных производственных объектов на самой ранней стадии проектирования, с минимальными затратами труда, средств и времени.

Материал и методы исследования

Технология разработана в Санкт-Петербургской эколого-проектной компании "Эко-Экспресс-Сервис" [1]. Материалом для ее создания послужила база оригинальных данных, включающая подробные характеристики техногенных воздействий на окружающую среду для более чем 300 проектов. Краткосрочные целевые выборочные инженерные изыскания (преимущественно — инженерно-экологические) для определения искомых значений критериев проводились в полном соответствии с общепринятыми нормативными требованиями.

Для демонстрации технологии используются два примера.

1. Сравнительная экологическая оценка двух альтернативных вариантов трассы российского участка морского газопровода Северный поток 2 (заказчик — компания Nord Stream 2 AG, 2016 г.): через Кургальский полуостров ("ва-

риант "Нарвский залив") и через мыс Колганпя Сойкинского полуострова ("вариант "Колганпя"). Конечные точки альтернативных маршрутов совпадают и находятся на границе российских территориальных вод и финской исключительной экономической зоны.

2. Сравнительная экологическая оценка трех альтернативных вариантов размещения Комплекса переработки этансодержащего газа на территории Кингисеппского муниципального района Ленинградской области (заказчик — ООО "НИПИ НГ "Петон", 2018 г.). Комплекс переработки этансодержащего газа (КПЭГ) в районе морского порта Усть-Луга включает в себя газоперерабатывающий и газохимический заводы, газохимический комплекс и фрагмент трассы магистральных газопроводов сырьевого газа и метановой фракции. Сравнились три варианта размещения КПЭГ: в районе КС "Славянская" (Усть-Лужское сельское поселение) (№ 1), на землях Мультимодального комплекса "Усть-Луга" (Вистинское сельское поселение) (№ 2) и на землях Усть-Лужского индустриального парка (№ 3).

Технология сравнительной экологической оценки альтернативных вариантов размещения производственного объекта

Сравнительная оценка альтернативных вариантов размещения объекта производится в два этапа.

Этап 1. Определение значений критериев экологической безопасности и их сравнительный анализ. Сравнительная оценка экологической безопасности альтернативных вариантов размещения объекта базируется на системе критериев, характеризующих как различные компоненты окружающей среды, так и технико-технологические отличия объектов. Поскольку критериальная система ориентирована

на выявление и квантификацию опасных и вредных воздействий на окружающую среду, положительные экстерналии строительства и эксплуатации объекта непосредственно в расчетах не учитываются.

На первом этапе проводится:

- тестирование потенциальных критериев (отбор тех, для которых в сравниваемых ситуациях могут быть с равной степенью репрезентативности определены эмпирические значения);
- определение эмпирических значений для критериев, успешно прошедших тестирование.

Количество учитываемых критериев, в зависимости от характера объекта и особенностей окружающей среды, варьирует от 230 до 400.

Вся совокупность критериев подразделяется на пять критериальных групп:

- ♦ группа № 1 — технические и технологические различия вариантов (обычно доступны определению от 10 до 15 критериев);
- ♦ группа № 2 — ограничения природопользования (соответственно 55–70 критериев);
- ♦ группа № 3 — исходное состояние окружающей среды (50–90 критериев);
- ♦ группа № 4 — воздействие на окружающую среду для вариантов размещения объекта (100–190 критериев);
- ♦ группа № 5 — сравнительная оценка вариантов размещения объекта по характеристикам возможных аварий (15–45 критериев).

Формат данной публикации не позволяет привести полных примеров. Поэтому в табл. 1 выборочно указаны и сопоставлены значения некоторых критериев одной из групп (№ 4) для двух вариантов трассы газопровода Северный поток 2.

Этап 2. Обобщающая балльно-рейтинговая многокритериальная оценка. Для сведения

всех полученных результатов в общую сравнительную балльную оценку нами предложены и используются следующие четыре конкурентных метода, выражаемые соответствующими им формулами:

1. Балльная оценка без учета весовых коэффициентов критериев и без зонирования объекта (показатель X_1).

$$X_1 = N, \quad (1)$$

где N — суммарное количество критериев, по которым данный вариант размещения объекта имеет преимущество перед альтернативными вариантами применительно ко всей площади объекта в целом (без ее зонирования).

2. Балльная оценка с учетом весовых коэффициентов всех критериев, без зонирования объекта (X_2).

$$X_2 = \sum_{i=1}^N W_i \quad (2)$$

где W_i — весовой коэффициент i -го критерия, по которому данный вариант размещения объекта имеет преимущество перед альтернативными вариантами применительно ко всей площади объекта в целом без её зонирования ($i = 1, \dots, N$) (весовые коэффициенты критериев характеризуют их индикаторную значимость по пятибалльной шкале ($W = 1, \dots, 5$); присуждаются всем критериям экспертно группами профильных специалистов).

3. Балльная оценка без учета весовых коэффициентов критериев, с учетом результатов зонирования объекта (X_3).

$$X_3 = \sum_{j=1}^m [(s_j/S)n_j] \quad (3)$$

где m — количество зон объекта, характеризующихся принципиально разным характером воздействия на окружающую среду и(или) расположенных в резко различающихся природных условиях; n_j — количество всех критериев, по которым данный вариант размещения объекта имеет преимущество перед альтернативными вариантами в j -й зоне объекта ($j = 1, \dots, m$); s_j — значение площади j -й зоны объекта; S — общая площадь всех зон объекта.

Таблица 1. Примеры критериев из группы № 4 и сравнение их значений (для двух вариантов трассы газопровода Северный поток 2)

Table 1. Examples of criteria from group No. 4 and comparison of their values (for the two options for the Nord Stream 2 gas pipeline route)

Критерий для сравнительной оценки вариантов трассы	Вариант		Соотношение Н/К	Предпочтительный вариант
	"Нарвский залив" (Н)	"Колганпя" (К)		
Средневзвешенная балльная оценка степени антропогенной трансформации ландшафтов в наземном коридоре трассы, баллы	2,0	2,3	0,9	Н
Доля суммарной площади коренных и условно-коренных фитоценозов, пересекаемых наземным коридором трассы, %	0,40	0,80	0,5	Н
Площадь орнитологически ценных участков, попадающих под акустическое воздействие (уровень звука более 35 дБА), км ² :				
в прибрежной зоне (до 20 км от берега)	25,0	10,0	2,5	К
в морской зоне (более 20 км от берега)	6,7	12,7	0,5	Н
Общая площадь орнитологически ценных участков в границах наземного коридора трассы, м ²	21432	64213	0,3	Н
Среднее расстояние от трассы, км:				
до орнитологически ценных участков	16,7	7,8	2,1	Н
до залежек нерпы	26,7	11,6	2,3	Н
до залежек серого тюленя	21,9	13,0	1,7	Н
Зона гидроакустического воздействия на морскую среду при прокладке трубопровода, км ² :				
"сильного" (>100 дБ, 1кГц)	1070,8	1545,5	0,7	Н
"умеренного" (90–100 дБ, 1кГц)	1806,7	3374,3	0,5	Н
Общая площадь залежек кольчатой нерпы, попадающая в зону гидроакустического воздействия, км ² :				
"умеренного"	18,3	130,0	0,1	Н
"слабого"	63,7	45,2	1,4	К
Общая площадь залежек серого тюленя, попадающая в зону "умеренного" гидроакустического воздействия, км ²	13,9	49,4	0,3	Н

Примечание. Полностью пример применения технологии для сравнения двух вариантов трассы газопровода "Северный поток 2" представлен в работе [2].

4. Балльная оценка с учетом весовых коэффициентов всех критериев и с учетом результатов зонирования объекта (X_4).

$$X_4 = \sum_{j=1}^m (s_j/S \cdot \sum_{k=1}^{n_j} W_k) \quad (4)$$

где W_k — весовой коэффициент k -го критерия, по которому данный вариант размещения объекта имеет преимущество перед альтернативными вариантами в j -й зоне объекта ($k = 1, \dots, n_j$).

Сводная оценка методами № 3 и 4 предусматривает выделение в пределах намечаемого участка объекта относительно дискретных и качественно-спе-

цифичных зон будущей природно-технической системы, в пределах которых характер ожидаемого воздействия объекта и состояние окружающей среды варьируют значительно меньше, чем за их пределами. Соответственно, состав всех императивных факторов в пределах участков относительно постоянен, и набор всех учитываемых критериев с высокими индикаторными весами ($W = 4 \div 5$) практически одинаков.

Простейшие примеры такого зонирования:

- подразделение трассы магистрального газопровода на

морской и наземный участки (использовано при выборе российской части трассы газопровода Северный поток 2) [2];

- подразделение территории производственного объекта на площадной и линейный участки (использовано при выборе местоположения комплекса переработки этансодержащего газа в районе морского порта Усть-Луга с подводным газопроводом).

Для каждого из четырех показателей (X_1, \dots, X_4) попарно сопоставляются все альтернативные варианты и сравнительно оцениваются кратности превосходства наилучшими вариантами всех остальных. Максимальные кратности превышения лучшим вариантом остальных сравниваются по показателям X_1, \dots, X_4 и дается общий вывод.

Пример обобщающей многокритериальной оценки для двух вариантов трассы газопровода Северный поток 2 приведен в табл. 2. Общее количество критериев, оказавшихся доступными определению для данного объекта, — 390.

Наглядно видно, что результирующие балльные оценки обоих вариантов и их соотношение несколько варьируют в зависимости от метода сравнения. Различия наименее контрастны при использовании простейшего метода суммирования баллов, без учета индикаторной ценности каждого из критериев. Учет различий диагностической ценности критериев с использованием весовых коэффициентов и результатов зонирования объекта явно увеличивает разрешаю-

щую способность сравнения: соотношение оценок заметно возрастает. Тем не менее, выбор предпочтительного варианта одинаков при любом из четырех его альтернативных методов.

Основные преимущества и положительные эффекты

Основные преимущества представляемой разработки обусловлены тем, что данная технология позволяет выявить наиболее безопасные варианты размещения производственного объекта еще на ранних стадиях проектирования и дать сравнительную количественную экологическую оценку сравниваемых вариантов.

Для отбора критериев и определения их значений требуются гораздо менее полные и намного более быстрые, выборочные целевые инженерные изыскания, результаты их также обрабатываются по упрощенной краткой схеме. В итоге худшие, наиболее экологически опасные варианты размещения выбраковываются в самом начале проектирования с минимальными трудовыми, временными, финансовыми затратами, а дальнейшую полную процедуру проектного цикла проходят лишь наилучшие варианты, выдержавшие предварительный отбор.

Ожидаемый экономический, социальный и прочие положительные эффекты использования данной технологии обусловлены:

- повышением экологической безопасности транспортного и промышленного строительства;

- существенной (на порядок величин) экономией средств федерального, регионального и местного бюджета и инвесторов, расходуемых на обоснование выбора размещения транспортных и производственных объектов, на их проектирование и строительство;

- очевидными положительными экстерналиями безопасного развития транспортно-промышленной системы для населения региона и, соответственно, минимизацией техногенного воздействия и его негативных эффектов.

В частности, эффект экономии средств, затрачиваемых на проектирование намеченных объектов, определяется следующими составляющими.

1. *Предотвращение нецелесообразных затрат на проектную проработку экологически опасных вариантов размещения объекта.* Оно обуславливается ускоренной отбраковкой худших вариантов на основе минимального набора результатов инженерных изысканий, необходимого и достаточного для определения критериальных значений. Стоимость полного цикла природоохранных работ в рамках проектирования опасных производственных объектов уменьшается на порядок величин (более точный уровень снижения этой стоимости зависит от исходного количества намеченных альтернативных вариантов размещения конкретного объекта, особенностей самого объекта и окружающей среды).

Сказанное может быть кратко проиллюстрировано на конкретном актуальном примере. В 2018 г. ООО "Эко-Экспресс-Сервис" по заданию ООО "НИПИ НГ "Петон" выполнила работу "Сравнительная экологическая оценка альтернативных вариантов размещения Комплекса переработки этансодержащего газа на территории Кингисеппского муниципального района Ленинградской области". Сопоставлялись три варианта размещения объекта на различных пло-

Таблица 2. Пример сравнительной балльно-рейтинговой многокритериальной оценки (для двух вариантов трассы газопровода Северный поток 2)

Table 2. An example of a comparative point-rating multi-criteria assessment (for the two options for the Nord Stream 2 gas pipeline route)

Метод оценки, №	Вариант		Соотношение Н/К*
	"Нарвский залив" (Н) (баллы)	"Колганпя" (К) (баллы)	
1	213	109	1,95
2	877	408	2,15
3	182	77	2,36
4	758	290	2,61

*Предпочтительный вариант Н.

щадках. Работа была построена на применении рассматриваемой технологии многокритериальной оценки.

По результатам работы был выделен и рекомендован один из вариантов, выгодно отличающийся от остальных своей значительно большей экологической безопасностью. Стоимость и цена выполненной работы по сравнительной оценке альтернативных вариантов размещения данного объекта с применением рассматриваемой технологии многокритериальной оценки оказались меньше, чем при традиционной схеме проектного цикла, в 13–15 раз.

2. *Предотвращение ущерба различным компонентам природной среды и социуму*, обусловленное быстрой выбраковкой наиболее рискованных вариантов строительства объекта. Практика показывает, что благодаря применению технологии предварительной многокритериальной сравнительной оценки размещения опасных производственных объектов риск аварий при их строительстве и эксплуатации (и, следовательно, связанный с ними эколого-экономический ущерб) может быть снижен в несколько раз — от 2 до 5.

3. Наконец, может быть также дополнительно учтен эффект (в том числе и в экономических эквивалентах) *предотвращаемого вреда здоровью населения* благодаря обосно-

ванному данной технологией своевременному недопущению потенциального воздействия опасных и вредных производственных факторов.

Апробация технологии

Представленная технология сертифицирована на соответствие нормативным требованиям (сертификат соответствия № FSK.RU.0002.F0005798 Федерального агентства по технической метрологии (Росстандарт)). На нее даны положительные экспертные заключения Института географии РАН и Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. Имеются положительные письменные отзывы заказчиков проектных работ (от компании Nord Stream 2 AG — по газопроводу "Северный поток-2", от компании ООО "НИПИ НГ "Петрон" — по Комплексу переработки этансодержащего газа и др.). На Международном конкурсе научных, научно-технических и инновационных разработок, направленных на развитие и освоение Арктики и континентального шельфа, при поддержке Правительства РФ и Министерства энергетики РФ в 2018 г. технология удостоена третьей премии. Свидетельством правомочности применения данной технологии является также получение положительного заключе-

ния государственной экологической экспертизы и ФАУ "Главгосэкспертиза" проектом строительства газопровода "Северный поток 2" (российский участок), выполненным с использованием настоящей разработки.

Заключение

Таким образом, применение представленной технологии существенно облегчает, ускоряет и удешевляет процедуру сравнительной экологической оценки различных вариантов размещения производственных объектов. Экономический, социальный и прочие положительные эффекты при этом обуславливаются снижением экологического риска строительства и эксплуатации опасных производственных объектов, а также значительной (на порядок) экономией средств и времени, затрачиваемых при выборе варианта их дислокации.

Основные области применения предлагаемой технологии:

- промышленное и транспортное строительство и проектирование;
- оценка и регулирование воздействия объектов промышленного и транспортного строительства на окружающую среду;
- территориальное и морское пространственное планирование.

Литература

1. Жигульский В.А., Шуйский В.Ф., Щащев Ю.А., Былина Т.С. "ООО "Эко-Экспресс-Сервис": опыт оценки и прогнозирования воздействий на водные экосистемы при гидростроительстве. Рыбоохрана России. 2011. № 2 (6). С. 42–47.

2. Сравнительная экологическая оценка альтернативных вариантов трассы Российского участка морского трубопровода Nord Stream 2. ООО "Эко-Экспресс-Сервис" [Электронный ресурс] URL: <https://www.nord-stream2.com/ru/pdf/document/86/> (дата обращения: 26.10.2018).

References

1. Zhigulsky V.A., Shuisky V.F., Shchashchayev Yu.A., Bylina T.S. "ООО "Eko-Ekspress-Servis": opyt otsenki i prognozirovaniya vozdeystvii na vodnye ekosistemy pri gidrostitel'stve. Rybookhrana Rossii. 2011. № 2 (6). S. 42–47.

2. Sravnitel'naya ekologicheskaya otsenka al'ternativnykh variantov trassy Rossiiskogo uchastka morskogo truboprovoda Nord Stream 2. ООО "Eko-Ekspress-Servis" [Elektronnyi resurs] URL: <https://www.nord-stream2.com/ru/pdf/document/86/> (data obrashcheniya: 26.10.2018).

V.A. Zhigulsky – cand. techn. nauk, direktor ООО "Эко-Экспресс-Сервис", 195112Россия, г. Санкт-Петербург, Заневский пр. 32, корп. 3, e-mail: ecoplus@ecoexp.ru • Д.В. Жигульская – канд. истор. наук, зав. научно-исследовательской лабораторией, ООО "ЭКОПЛЮС", 195112 Россия, г. Санкт-Петербург, Заневский пр. 32, корп. 3, e-mail: ecoplus@ecoexp.ru • В.Ф. Шуйский – д-р биол. наук, начальник научно-аналитического отдела, e-mail: shuisky.v@mail.ru • Е.Ю. Максимова – канд. биол. наук, зам. начальника научно-аналитического отдела, e-mail: e.maximova@ecoexp.ru
V.A. Zhigulsky – Cand. Sci. (Eng.), Director, LLC "Eco-Express-Service", 195112 Russia, St. Petersburg, Zanevsky Pr. 32, Bldg. 3, e-mail: ecoplus@ecoexp.ru • D.V. Zhigulskaya – Cand. Sci. (History), Head of Research Laboratory, LLC "EKOPLYUS", 195112 Russia, St. Petersburg, Zanevsky Pr. 32, Bldg. 3, e-mail: ecoplus@ecoexp.ru • V.F. Shuisky – Dr. Sci. (Biol.), Head of Research and Analytical Department, LLC "Eco-Express-Service", 195112 Russia, St. Petersburg, Zanevsky Pr. 32, Bldg. 3, e-mail: shuisky.v@mail.ru • E.Yu. Maximova – Cand. Sci. (Biol.), Deputy Head of Research and Analytical Department, e-mail: e.maximova@ecoexp.ru