

УДК 504.06

Экологическая оценка объектов окружающей среды при проведении инженерно-экологических изысканий

Н. А. Горбунова, А. А. Федосеенко, М. С. Абу-Хасан

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Российская Федерация, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

Для цитирования: Горбунова Н. А., Федосеенко А. А., Абу-Хасан М. С. Экологическая оценка объектов окружающей среды при проведении инженерно-экологических изысканий // Известия Петербургского университета путей сообщения. — СПб.: ПГУПС, 2023. — Т. 20. — Вып. 2. — С. 441–447. DOI: 10.20295/1815-588X-2023-2-441-447

Аннотация

Цель: Оценить современное экологическое состояние участка изысканий, расположенного в Республике Карелии и предназначенного для прокладки железнодорожного пути необщего пользования. Проанализировать компонент окружающей среды — почву — на соответствие требованиям нормативной документации. Установить категорию загрязнения почв в соответствии с СанПиН 2.1.3684 и правила дальнейшего использования в соответствии с СанПиН 2.1.3685. **Методы:** Для оценки степени загрязнения почво-грунтов тяжелыми металлами и органическими экотоксикантами производился отбор проб с 14 пробных площадок. Оценка степени загрязнения почв тяжелыми металлами и бенз(а)пиреном проведена в соответствии с требованиями СанПиН 1.2.3685. Оценка степени загрязнения грунтов нефтепродуктами проведена в соответствии с письмом Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации. Оценка опасности загрязнения почв проводится по нескольким показателям (таблицы 4.3–4.5 СанПиН 2.1.3685):

- комплексом металлов для здоровья населения производится по показателю суммарного загрязнения (Z_c);
- наличие/отсутствие превышения над установленными предельно допустимыми концентрациями (ПДК) и ориентировочно допустимыми концентрациями (ОДК).

Категория загрязнения устанавливается по наихудшему показателю. При установлении категорий загрязнения хуже, чем «Допустимая», разработаны рекомендации по дальнейшему использованию загрязненных грунтов (Приложение № 9 к СанПиН 2.1.3684). **Результаты:** В результате проведения испытаний было установлено, что почво-грунты, отобранные с участка изысканий при строительстве участка железнодорожного пути для необщего пользования, соответствуют категории загрязнения почв «Допустимая» и, в соответствии с правилами дальнейшего использования, попадают под «Использование без ограничений». **Практическая значимость:** Исследуемые грунты по всем показателям соответствуют требованиям нормативной документации и могут быть использованы без ограничений при строительстве участка железнодорожного пути для необщего пользования.

Ключевые слова: Экологическая оценка современного состояния, экотоксиканты, тяжелые металлы, нефтепродукты, бенз(а)пирен, инженерно-экологические изысканий.

Проведение оценки состояния объектов окружающей среды является неотъемлемой частью работ для рационального использования природных ресурсов, разработки необходимых мероприятий для защиты окружающей среды и принятия проектных решений.

В состав инженерно-экологических изысканий входят такие виды работ, как [1]:

- проведение полевых исследований, рекогносцировочное обследование участка изысканий, выявление источников загрязнения, выбор пробных площадок;

- отбор образцов, проб;
- проведение лабораторных работ;
- камеральная обработка результатов изысканий, в том числе изысканий прошлых лет, фондовых данных.

В соответствии с требованиями российского законодательства [2] инженерно-экологические изыскания входят в обязательный перечень работ.

Основными целям проведения комплексных инженерных изысканий, в том числе экологических, геологических, гидрометеорологических и геодезических, являются:

- снижение влияния антропогенного воздействия и защита окружающей среды;
- выявление вредных факторов воздействия на человека и разработка мероприятий по защите;
- инженерная защита зданий и сооружений от воздействия негативных факторов окружающей среды.

Подготовительный этап для проведения инженерно-экологических изысканий, в ходе которого разрабатывается программа работ, является важным этапом, определяющим виды и объемы работ.

Программа работ разрабатывается на основании технического задания и в соответствии с требованиями нормативной документации [1–5].

На участке проектирования железнодорожного пути необщего пользования к существующим путям была проведена оценка современного экологического состояния, были проанализированы такие компоненты окружающей среды, как почва, поверхностные и грунтовые воды.

Участок изысканий расположен в Республике Карелии. Линия прокладки железной дороги идет вдоль существующей линии Октябрьской железной дороги, густонаселенной местности с хорошо развитой инфраструктурой, прилегающие территории хорошо освоены и имеют различное хозяйственное назначение.

Участок работ расположен на территории с сильной степенью нарушенности земель. В первую очередь это касается грунтовых условий, растительного и животного мира, изменения ландшафта.

Для оценки степени загрязнения почвогрунтов тяжелыми металлами и органическими экотоксикантами производился отбор проб с 14 пробных площадок из следующих интервалов: 0,0–0,2 м; 0,2–1,0 м, 1,0–2,0 м.

Оценка степени загрязнения почв тяжелыми металлами и бенз(а)пиреном проведена в соответствии с СанПиН 1.2.3685—21 [4]. Оценка степени загрязнения грунтов нефтепродуктами проведена в соответствии с письмом Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации [6].

Оценка опасности загрязнения почв проводится по нескольким показателям (таблицы 4.3–4.5 СанПиН 2.1.3685—21 [4]):

- комплексом металлов для здоровья населения производится по показателю суммарного загрязнения (Z_c);
- наличие/отсутствие превышения над установленными предельно допустимыми концентрациями (ПДК) и ориентировочно допустимыми концентрациями (ОДК).

Категория загрязнения устанавливается по наихудшему показателю. При установлении категорий загрязнения хуже, чем «допустимая», разработаны рекомендации по дальнейшему использованию загрязненных грунтов (Приложение № 9 к СанПиН 2.1.3684—21 [4]).

Результаты содержания загрязняющих веществ представлены в табл. 1. В табл. 2, 3 представлена оценка степени загрязнения грунтов по неорганическим и органическим экотоксикантам. Содержание тяжелых металлов в среднем находится на уровне значений ПДК (ОДК) или с небольшим превышением этих значений, что хорошо согласуется с данными, представленными в работах [7–10].

ТАБЛИЦА 1. Содержание загрязняющих неорганических и органических веществ

Значение ПДК (ОДК) для супесей [4], мг/кг:					2,10	55	33	0,50	32	20	2	0,02	—
Фоновое значение [7], мг/кг:					—	67,6	37,9	0,52	23,3	7,2	—	—	—
Точка отбора проб	Глубина отбора, м/тип почв	pH, ед. pH	Zc	Содержание в пробе, мг/кг	Hg	Zn	Cu	Cd	Pb	Ni	As	БП*	НП**
1	0–0,2	7,8	3	Ci	< 0,0001	40,0	25,1	0,14	15,4	19,3	< 0,05	0,013	376
	0,2–1,0	7,7	2	Ci	< 0,0001	27,4	12,8	< 0,05	15,8	13,2	< 0,05	0,01	166
	1,0–2,0	7,3	< 1	Ci	< 0,0001	11,4	5,3	< 0,05	2	5,5	< 0,05	< 0,005	< 50
2	0–0,2	7,7	3	Ci	< 0,0001	50,8	21,9	0,11	15,2	19,8	< 0,05	0,018	334
	0,2–1,0	7,5	2	Ci	< 0,0001	22,1	13	< 0,05	13,9	14,6	< 0,05	0,011	161
	1,0–2,0	7,2	< 1	Ci	< 0,0001	9,1	7,1	< 0,05	2,3	5,5	< 0,05	< 0,005	< 50
3	0–0,2	7,8	3	Ci	< 0,0001	40,3	26,4	0,1	15,7	18,7	< 0,05	0,017	354
	0,2–1,0	7,7	2	Ci	< 0,0001	25,8	12,6	< 0,05	18	13,7	< 0,05	0,011	161
	1,0–2,0	7,2	< 1	Ci	< 0,0001	8,2	5,3	< 0,05	3,1	5,1	< 0,05	< 0,005	< 50
4	0–0,2	7,8	3	Ci	< 0,0001	39,5	28,6	0,11	13,4	18,6	< 0,05	0,015	364
	0,2–1,0	7,7	2	Ci	< 0,0001	23,0	12	< 0,05	14,1	13,9	< 0,05	0,011	128
	1,0–2,0	7,2	< 1	Ci	< 0,0001	11,6	7,5	< 0,05	2,5	5,5	< 0,05	< 0,005	< 50
5	0–0,2	7,9	3	Ci	< 0,0001	42,6	28,3	0,12	14,6	18,4	< 0,05	0,018	346
	0,2–1,0	7,5	2	Ci	< 0,0001	26,8	12	< 0,05	16,6	13,1	< 0,05	0,007	131
	1,0–2,0	7,2	< 1	Ci	< 0,0001	10,4	7,5	< 0,05	2	5,8	< 0,05	< 0,005	< 50
6	0–0,2	7,8	3	Ci	< 0,0001	36,5	28,3	0,11	15	18,3	< 0,05	0,016	335
	0,2–1,0	7,6	2	Ci	< 0,0001	27,6	12,6	< 0,05	17,1	11,2	< 0,05	0,01	133
	1,0–2,0	7,3	< 1	Ci	< 0,0001	9,5	6,6	< 0,05	3,6	7,3	< 0,05	< 0,005	< 50
7	0–0,2	7,7	3	Ci	< 0,0001	32,1	23,8	0,13	13,6	19	< 0,05	0,018	369
	0,2–1,0	7,5	2	Ci	< 0,0001	26,8	13,3	< 0,05	18,5	12,4	< 0,05	0,008	154
	1,0–2,0	7,3	< 1	Ci	< 0,0001	9,6	5,9	< 0,05	3,2	7	< 0,05	< 0,005	< 50
8	0–0,2	7,7	3	Ci	< 0,0001	45,3	23,5	0,13	15,2	19,1	< 0,05	0,016	433
	0,2–1,0	7,7	2	Ci	< 0,0001	27,9	12,4	< 0,05	14,5	16,1	< 0,05	0,01	142
	1,0–2,0	7,2	< 1	Ci	< 0,0001	7,0	8,4	< 0,05	2,6	7,2	< 0,05	< 0,005	< 50
9	0–0,2	7,7	3	Ci	< 0,0001	44,4	28,5	0,13	13,5	23,5	< 0,05	0,017	362
	0,2–1,0	7,7	2	Ci	< 0,0001	23,8	12,9	< 0,05	13,9	19,3	< 0,05	0,01	164
	1,0–2,0	7,2	< 1	Ci	< 0,0001	7,7	9,1	< 0,05	2,2	13,2	< 0,05	< 0,005	< 50
10	0–0,2	7,8	3	Ci	< 0,0001	55,6	24,6	0,14	13,2	19,3	< 0,05	0,015	357
	0,2–1,0	7,6	2	Ci	< 0,0001	22,7	13,6	< 0,05	18,5	10,9	< 0,05	0,004	154
	1,0–2,0	7,3	< 1	Ci	< 0,0001	8,7	7,3	< 0,05	3,2	5,9	< 0,05	< 0,005	< 50
11	0–0,2	7,9	3	Ci	< 0,0001	50,8	29,3	0,1	14,2	19,2	< 0,05	0,016	362
	0,2–1,0	7,5	2	Ci	< 0,0001	24,3	13,5	< 0,05	14	13,7	< 0,05	0,005	146
	1,0–2,0	7,2	< 1	Ci	< 0,0001	11,4	9	< 0,05	3,8	5,6	< 0,05	< 0,005	< 50
12	0–0,2	7,9	3	Ci	< 0,0001	57,0	28,4	0,1	14,8	19,3	< 0,05	0,013	421
	0,2–1,0	7,5	2	Ci	< 0,0001	26,0	13,9	< 0,05	16,2	10,9	< 0,05	0,006	142
	1,0–2,0	7,3	< 1	Ci	< 0,0001	7,4	5	< 0,05	2,1	6,8	< 0,05	< 0,005	< 50

Значение ПДК (ОДК) для супесей [4], мг/кг:					2,10	55	33	0,50	32	20	2	0,02	—
Фоновое значение [7], мг/кг:					—	67,6	37,9	0,52	23,3	7,2	—	—	—
Точка отбора проб	Глубина отбора, м/тип почв	pH, ед. pH	Zc	Содержание в пробе, мг/кг	Hg	Zn	Cu	Cd	Pb	Ni	As	БП*	НП**
13	0–0,2	7,8	3	Сi	< 0,0001	41,2	26,1	0,12	12,9	18,4	< 0,05	0,016	419
	0,2–1,0	7,7	2	Сi	< 0,0001	29,5	12,5	< 0,05	14	15,9	< 0,05	0,005	145
	1,0–2,0	7,2	< 1	Сi	< 0,0001	11,9	9,2	< 0,05	2,7	5,1	< 0,05	< 0,005	< 50
14	0–0,2	7,7	3	Сi	< 0,0001	34,6	25,6	0,11	13,1	18,5	< 0,05	0,015	330
	0,2–1,0	7,6	2	Сi	< 0,0001	29,5	12,1	< 0,05	16,7	14,7	< 0,05	0,01	145
	1,0–2,0	7,2	< 1	Сi	< 0,0001	8,7	9	< 0,05	3,2	5	< 0,05	< 0,005	< 50

БП* — бенз(а)пирен

НП** — нефтепродукты

ТАБЛИЦА 2. Категория загрязненности в соответствии с СанПиН 2.1.3684—21. Правила дальнейшего использования в соответствии с СанПиН 2.1.3685—21

Номер точки отбора	Глубина, м	Превышения над уровнем ПДК/ОДК тяжелых металлов	Превышения над уровнем фоновых концентрация более чем в 2 раза	Zc	Наличие превышения по содержанию бенз(а)пирена	Правила использования	Степень химической загрязненности
1–14	0,0–0,2	—	—	3	—	Использование без ограничений	Допустимая
	0,2–1,0	—	—	2	—	Использование без ограничений	Допустимая
	1,0–2,0	—	—	< 1	—	Использование без ограничений	Допустимая

ТАБЛИЦА 3. Оценка загрязнения грунтов нефтепродуктами

Содержание С, мг/кг	Уровень загрязнения
< 1000 мг	Допустимая
1000–2000	Низкий
2000–3000	Средний
3000–5000	Высокий
> 5000	Очень высокий

Концентрация нефтепродуктов в пробах почвы, отобранных на участке изысканий, варьируется в пределах от < 50 до 421 мг/кг, что соответствует допустимому уровню загрязнения.

Таким образом, можно сделать вывод, что исследуемые грунты по всем показателям соот-

ветствуют требованиям нормативной документации и могут быть использованы без ограничений при строительстве участка железнодорожного пути для необщего пользования.

Библиографический список

- СП 47.13330.2016. Инженерные изыскания для строительства. Свод правил.
- Постановление Правительства РФ от 28 мая 2021 г. № 815 «Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона “Технический регламент о безопасности зданий и сооружений”, и о признании утратившим

силу постановления Правительства Российской Федерации от 4 июля 2020 г. № 985».

3. СП 11-102—97. Инженерно-экологические изыскания для строительства. Свод правил.

4. СанПиН 2.1.3684—21. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий. Санитарные правила и нормы.

5. СП 502.1325800.2021. Инженерно-экологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ. Свод правил.

6. Письмо Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации «Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами (утв. Роскомземом 10 ноября 1993 г. и Минприроды РФ 18 ноября 1993 г.)».

7. Федорец Н. Г. Тяжелые металлы в почвах Карелии / Н. Г. Федорец, О. Н. Бахмет, М. В. Медведева и др. — Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2015. — 222 с.

8. Харламова А. В. Влияние эдафических условий рекультивированных породных отвалов на эффективность снижения их негативного воздействия на прилегающие территории / А. В. Харламова, Е. И. Верех-Белоусова // Безопасность жизнедеятельности. — 2018. — № 10(214). — С. 29–35.

9. Зубова Л. Г. Эдафические условия рекультивированных терриконов / Л. Г. Зубова, А. В. Харламова // Агроэкологичний журнал. — 2012. — № 1. — С. 41–47.

10. Мироненко О. В. Гигиеническая оценка воздействия выбросов из тела полигона для складирования осадков сточных вод на здоровье населения / О. В. Мироненко, А. В. Киселев, Х. К. Магомедов и др. // Экология человека. — 2020. — № 11. — С. 4–13. — DOI: 10.33396/1728-0869-2020-11-4-13.

Дата поступления: 12.05.2023

Решение о публикации: 30.05.2023

Контактная информация:

ГОРБУНОВА Наталья Александровна — аспирант
ФЕДОСЕЕНКО Анастасия Алексеевна — канд. хим.

наук, доц.; aa.fedoseenko@mail.ru

АБУ-ХАСАН Махмуд Самиевич — д-р техн. наук, проф.

Ecological Assessment of Environmental Objects During Engineering and Environmental Surveys

N. A. Gorbunova, A. A. Fedoseenko, M. S. Abu-Khasan

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russian Federation

For citation: Gorbunova N. A., Fedoseenko A. A., Abu-Khasan M. S. Ecological Assessment of Environmental Objects During Engineering and Environmental Surveys // *Proceedings of Petersburg Transport University*, 2023, vol. 20, iss. 2, pp. 441–447. (In Russian). DOI: 10.20295/1815-588X-2023-2-441-447

Summary

Purpose: To assess the current ecological condition of the survey site located in the Republic of Karelia and intended for laying a non-public railway track. To analyze the component of the environment — the soil, for compliance with the requirements of regulatory documentation. To establish the category of soil pollution in accordance with Sanitary and Epidemiological Standards and Regulations SanPiN 2.1.3684 and the rules for further use in accordance with SanPiN 2.1.3685. **Methods:** To assess the degree of soil contamination with heavy metals and organic ecotoxicants, samples have been taken from 14 test sites. Assessment of the degree

of soil contamination with heavy metals and benz(a)pyrene has been carried out in accordance with SanPiN 1.2.3685. The assessment of the degree of contamination of soils with petroleum products has been carried out in accordance with a letter from the Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation. The assessment of the danger of soil pollution has been carried out according to several indicators (Tables 4.3–4.5 of SanPiN 2.1.3685):

- a complex of metals for public health is made according to the indicator of total pollution (Zc);
- the presence/absence of excess over the established maximum permissible concentrations (MPC) and approximately permissible concentrations (APC).

The pollution category is determined by the worst indicator. When establishing pollution categories worse than “permissible”, recommendations have been developed for the further use of contaminated soils (Appendix No. 9 to SanPiN 2.1.3684). **Results:** As a result of the tests conducted, it was determined that the soil samples collected from the survey area for the construction of a non-public railway section comply with the soil pollution category of “Permissible” and, according to the rules of further usage, fall under the classification of “Unrestricted Use”. **Practical Significance:** The investigated soils meet all the requirements of the regulatory documentation and can be used without restrictions for the construction of the non-public railway section.

Keywords: Ecological assessment of the current state, ecotoxicants, heavy metals, petroleum products, benz(a)pyrene, engineering and environmental surveys.

References

1. SP 47.13330.2016. *Inzhenernye izyskaniya dlya stroitel'stva. Svod pravil* [SP 47.13330.2016. Engineering surveys for construction. Set of rules]. (In Russian)
2. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 28 maya 2021 g. № 815 “Ob utverzhdenii perechnya natsional'nykh standartov i svodov pravil (chastey takikh standartov i svodov pravil), v rezul'tate primeneniya kotorykh na obyazatel'noy osnove obespechivaetsya soblyudeniye trebovaniy Federal'nogo zakona “Tekhnicheskiy reglament o bezopasnosti zdaniy i sooruzheniy”, i o priznanii utrativshim silu postanovleniya Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 4 iyulya 2020 g. № 985”* [Decree of the Government of the Russian Federation of May 28, 2021 № 815 “On approval of the list of national standards and sets of rules (parts of such standards and sets of rules), as a result of which, on a mandatory basis, compliance with the requirements of the Federal Law “Technical Regulations on the Safety of Buildings and structures”, and on repealing the Decree of the Government of the Russian Federation dated July 4, 2020 № 985”]. (In Russian)
3. SP 11-102—97. *Inzhenerno-ekologicheskie izyskaniya dlya stroitel'stva. Svod pravil* [SP 11-102—97. Engineering and environmental surveys for construction. Set of rules]. (In Russian)
4. SanPiN 2.1.3684—21. *Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k sodержaniyu territoriy gorodskikh i sel'skikh poseleniy, k vodnym ob'ektam, pit'evoy vode i pit'evomu vodosnabzheniyu, atmosfernomu vozdukhу, pochvam, zhilym pomeshcheniyam, ekspluatatsii proizvodstvennykh, obshchestvennykh pomeshcheniy, organizatsii i provedeniyu sanitarno-protivoepidemicheskikh (profilakticheskikh) meropriyatiy. Sanitarnye pravila i normy* [SanPiN 2.1.3684—21. Sanitary and epidemiological requirements for the maintenance of territories of urban and rural settlements, for water bodies, drinking water and drinking water supply, atmospheric air, soils, residential premises, operation of industrial, public premises, organization and implementation of sanitary and anti-epidemic (preventive) measures. Sanitary rules and regulations]. (In Russian)
5. SP 502.1325800.2021. *Inzhenerno-ekologicheskie izyskaniya dlya stroitel'stva. Obshchie pravila proizvodstva rabot. Svod pravil* [SP 502.1325800.2021. Engineering and environmental surveys for construction. General rules for the production of works. Set of rules]. (In Russian)
6. *Pis'mo Ministerstva okhrany okruzhayushchey sredy i prirodnnykh resursov Rossiyskoy Federatsii “Poryadok opredeleniya razmerov ushcherba ot zagryazneniya zemel' khimicheskimi veshchestvami (utv. Roskomzemom 10 noyabrya 1993 g. i Minprirody RF 18 noyabrya 1993 g.)”*

[Letter from the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of the Russian Federation “The procedure for determining the amount of damage from land pollution with chemicals (approved by Roskomzsem on November 10, 1993 and the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation on November 18, 1993)”]. (In Russian)

7. Fedorets N. G., Bakhmet O. N., Medvedeva M. V. et al. *Tyazhelye metally v pochvakh Karelii* [Heavy metals in the soils of Karelia]. Petrozavodsk: Karel'skiy nauchnyy tsentr RAN Publ., 2015, 222 p. (In Russian)

8. Kharlamova A. V., Verekh-Belousova E. I. Vliyanie edaficheskikh usloviy rekul'tivirovannykh porodnykh otvalov na effektivnost' snizheniya ikh negativnogo vozdeystviya na privileyushchie territorii [Influence of edaphic conditions of reclaimed rock dumps on the effectiveness of reducing their negative impact on adjacent territories]. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* [Life safety]. 2018, Iss. 10(214), pp. 29–35. (In Russian)

9. Zubova L. G., Kharlamova A. V. Edaficheskie usloviya rekul'tivirovannykh terrikonov [Edaphic conditions of

reclaimed waste heaps]. *Agroekologichnyy zhurnal* [Agroecological journal]. 2012, Iss. 1, pp. 41–47. (In Russian)

10. Mironenko O. V., Kiselev A. V., Magomedov Kh. K. et al. Gigienicheskaya otsenka vozdeystviya vybrosov iz tela poligona dlya skladirovaniya osadkov stochnykh vod na zdorov'e naseleniya [Hygienic assessment of the impact of emissions from the body of a landfill for storing sewage sludge on public health]. *Ekologiya cheloveka* [Human ecology]. 2020, Iss. 11, pp. 4–13. DOI: 10.33396/1728-0869-2020-11-4-13. (In Russian)

Received: May 12, 2023

Accepted: May 30, 2023

Author's information:

Natalia A. GORBUNOVA — Postgraduate Student

Anastasia A. FEDOSEENKO — PhD in Chemistry, Associate Professor; aa.fedoseenko@mail.ru

Makhmud S. ABU-KHASAN — Dr. Sci. in Engineering, Professor