

*С. А. АЙТКЕЛЬДИЕВА¹, Л. Г. ТАТАРКИНА¹, А. А. КУРМАНБАЕВ¹, Г. Б. БАЙМАХАНОВА¹,
А. М. НУРМУХАНБЕТОВА¹, К. Б. ОРАЛБАЕВА²*

¹РГП «Институт микробиологии и вирусологии» КН МОН РК, Алматы, Республика
Казахстан,

²НТЦ АО «КазТрансОйл», Алматы, Республика Казахстан)

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ
И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОБРАЗЦОВ ГРУНТА
ОКОЛОТРУБНОГО ПРОСТРАНСТВА НЕФТЕПРОВОДА «КАРАКОИН-
ШЫМКЕНТ» ДЛЯ ОЦЕНКИ
ИХ КОРРОЗИЙНОЙ АГРЕССИВНОСТИ**

Аннотация. Проведены химические и микробиологические исследования образцов грунта, отобранных в 6 точках на протяжении нефтепровода «Каракоин-Шымкент» с целью определения их коррозионной агрессивности. В образце грунта, отобранного возле трубы с нарушением изоляционного покрытия, наблюдается увеличение количества сульфат-ионов, а также увеличение численности актиномицетов, микромицетов, гетеротрофных и углеводородокисляющих микроорганизмов, что может свидетельствовать о начале процессов коррозии.

Ключевые слова: коррозия, биокоррозия, трубопровод, физико-химические свойства грунта, коррозионно-опасные микроорганизмы.

Тірек сөздер: коррозия, биокоррозия, құбыр, топырақтың физика-химиялық қасиеттері, коррозиялық қауіпті микроорганизмдер

Keywords: corrosion, biocorrosion, pipeline, physical and chemical properties of the soil, corrosion-dangerous microorganisms

Коррозия металла относится к числу глобальных проблем. Ежегодно в результате коррозии промышленность теряет сотни тысяч тонн металла, нанося колоссальный экономический урон. Существуют различные виды коррозии: химическая, биологическая, электрохимическая. Из них коррозия, возникающая в результате жизнедеятельности микроорганизмов (биокоррозия), составляет значительную часть в общем объеме повреждений. Деятельностью микроорганизмов, по мнению ряда авторов, может быть обусловлено от 50 до 80% коррозионных повреждений трубо-проводов [1-3].

Прогнозирование коррозионной агрессивности почв, грунтов и вод – актуальная проблема, над которой работают исследователи многих стран мира. Коррозия может появиться в любом месте, но особенно опасной она становится под землей [4, 5]. Для оценки степени агрессивности грунтов необходимо комплексное исследование их химических, физических и микробиологических свойств.

Целью данной работы было исследование химического и микробиологического состава грунтов, отобранных на протяжении нефтепровода «Каракоин-Шымкент» для оценки их коррозионной опасности.

Материалы и методы

Объектами исследований служили образцы грунта, отобранные с 6 участков на протяжении магистрального нефтепровода «Каракоин-Шымкент» в точках: 1 – 1284 км; 2 – 1554,2 км; 3 – 1554,7 км; 4 – 1556,5 км; 5 – 1582 км; 6 – 1617 км. Трубы нефтепровода выполнены из стали 17Г1С с толщиной стенки 8-11 мм.

Точечные пробы отбирали почвенным буром на пробной площадке по горизонтам методом конверта. Объединенную пробу составляли путем смешивания пяти точечных проб, отобранных на одной площадке. Определение pH почвы проводили по СТ РК ИСО 10390-2007, удельной электро-проводности и плотного остатка водной вытяжки – по ГОСТ 26423-85, ионов карбоната и бикар-боната, ионов кальция и магния – по ГОСТ 26424-85, иона хлорида – по ГОСТ 26425-85, иона сульфата – по ГОСТ 26426-85.

Численность основных групп микроорганизмов определяли общепринятыми микробиологи-ческими методами на таких средах, как питательный агар (РПА), среда Чапека, крахмало-аммиачный агар, глюкозо-пептонный агар. Инкубацию проводили в термостатах при 28°C [6].

Результаты и обсуждение

Скорость коррозии металла в почве зависит от коррозионной активности почвы, то есть от некоторых ее свойств: структуры, пористости, влажности, минерализации грунтовых вод, кислотности, удельного электрического сопротивления и температуры среды [7, 8]. Для оценки степени коррозионной агрессивности был проведен физико-химический анализ отобранных проб грунта. Результаты представлены в таблице 1.

Наличие влаги делает грунт электролитом и вызывает электрохимическую коррозию металлов. Для каждой почвы существует определенный интервал влажности, соответствующий максимальной скорости коррозии. Для глинистых почв это значение лежит между 12 и 25%, для песчаных – между 10 и 20% [7]. По данным, приведенным в таблице 1 видно, что влажность грунтов наименьшая (3,49 %) в образце № 1, а

наибольшая (10,40 %) в образце № 6. На остальных участках влажность варьирует от 9,14 до 9,96 процентов. Таким образом, за исключением образца № 1, во всех других образцах влажность близка к интервалу влажности, соответствующей максимальной скорости коррозии.

Таблица 1 – Физико-химический анализ образцов грунта,

Отобранных с 6 участков вдоль магистрального нефтепровода «Каракоин-Шымкент»

Наименование показателя	Единица измерения	Номер образца грунта					
		1	2	3	4	5	6
Влажность	%	3,49	9,19	9,50	9,14	9,96	10,40
pH водной вытяжки		8,40	8,03	8,03	8,02	7,78	7,68
Электропроводность	мкСм/см	729,0	384,0	301,0	351,0	266,0	1353
Плотный остаток вытяжки	%	0,440	0,270	0,198	0,222	0,182	0,824
Содержание бикарбоната	ммоль	1,40	1,45	1,30	1,10	0,90	0,60
Содержание сульфат-ионов	ммоль	0,11	7,20	0,32	0,17	1,09	1,05
Содержание хлорид-ионов	ммоль	2,0	1,5	2,25	3,0	3,25	2,5
Содержание кальция	ммоль	1,5	1,0	1,25	1,575	1,0	9,25
Содержание магния	ммоль	–	0,475	0,25	0,25	0,25	0,5

На скорость коррозии металлов в грунтах большое влияние оказывает pH среды. Для большинства грунтов значение pH составляет 6,0-7,5. Однако встречаются также щелочные суглинки и солончаки, имеющие pH 7,5-9,5, и кислые гумусовые болотные грунты с pH 3,0-6,0. Такие грунты отличаются большой агрессивностью [9, 10]. По полученным данным значение pH водной вытяжки из всех образцов изменяется в пределах 7,68-8,40. Таким образом, все образцы грунта характеризуются слабощелочной средой.

В результате растворения горных пород грунтовые воды имеют определенную минерализацию, которая может изменяться в весьма широких пределах от 0,01 до 300 г/л (от 0,001 до 30%). Наличие в почве водорастворимых солей способствует увеличению ее электропроводности. Кроме того, увеличение засоленности грунта облегчает протекание

анодного и катодного процессов. Наиболее сильно влияют на коррозионный процесс ионы: Cl^- , NO_3^- , SO_4^- , HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ и др. Данные таблицы 1 показывают, что общее содержание солей в водной вытяжке колеблется от 0,182% в образце № 5 до 0,824% в образце № 6. Эти данные коррелируют с электропроводностью 266,0 и 1353 мкСм/см, соответственно. Содержание сульфат-ионов колеблется от 0,11 до 1,09 ммоль в 100 г почвы. В образце № 2 содержание сульфат-ионов составило 7,20 ммоль. Содержание хлоридов изменялось от 1,5 до 3,25 ммоль в 100 г почвы. Содержание кальция составило 1,00-1,575 ммоль в 100 г почвы, а в образце № 6 – 9,25 ммоль. Содержание магния находится в пределах 0,25-0,5 ммоль, а в образце № 1 магний не обнаружен. Содержание бикарбонатов колеблется в пределах от 0,60 (образец № 6) до 1,45 (образец № 2) ммоль в 100 г почвы.

Таким образом, образец почвы № 6 с участка 1617 км имеет повышенное содержание катиона кальция (9,25 ммоль в 100 г почвы). А образец № 2 с участка 1554,2 км – повышенное содержание сульфат-ионов (7,20 ммоль в 100 г почвы).

Наряду с химическим анализом, был проведен сравнительный микробиологический анализ грунтов. Так как в процессах повреждения защитных покрытий и коррозии металлов могут принимать участие микроорганизмы, относящиеся к различным таксономическим группам (гетеротрофные бактерии, дрожжи, грибы, актиномицеты), отобранные образцы почвы были исследованы на наличие данных групп микроорганизмов (таблица 2).

Таблица 2 – Количественный учет различных групп микроорганизмов в образцах грунта, отобранных с 6 участков вдоль магистрального нефтепровода «Каракоин-Шымкент»

Группы микроорганизмов, КОЕ/ 1г почвы	Номер образца грунта					
	1	2	3	4	5	6
Гетеротрофы	$(6,74 \pm 3,6) \cdot 10^6$	$(4,24 \pm 0,6) \cdot 10^7$	$(9,61 \pm 0,9) \cdot 10^7$	$(6,2 \pm 1,1) \cdot 10^6$	$(6,16 \pm 1,1) \cdot 10^6$	$(2,45 \pm 0,70) \cdot 10^6$
Углеводород окисляющие	$(4,14 \pm 0,2) \cdot 10^4$	$(1,48 \pm 0,5) \cdot 10^7$	$(3,29 \pm 0,8) \cdot 10^6$	$(9,41 \pm 1,3) \cdot 10^4$	$(9,6 \pm 1,3) \cdot 10^5$	$(5,97 \pm 1,0) \cdot 10^4$
Микромицеты	–	$(1,92 \pm 0,5) \cdot 10^5$	$(2,76 \pm 0,6) \cdot 10^4$	$(1,51 \pm 0,5) \cdot 10^3$	$(2,72 \pm 0,7) \cdot 10^4$	$(7,81 \pm 0,39) \cdot 10^2$
Дрожжи	–	–	–	–	–	–
Актиномицеты	$(2,89 \pm 0,6) \cdot 10^5$	$(2,74 \pm 0,7) \cdot 10^7$	$(1,09 \pm 0,5) \cdot 10^7$	$(2,07(0,2) \cdot 10^6$	$(1,36(0,1) \cdot 10^6$	$(1,22(0,1) \cdot 10^5$

Гетеротрофные бактерии могут способствовать возникновению коррозии косвенно, за счет поглощения кислорода для окисления органического вещества и создания, таким образом, благо-приятной обстановки для развития анаэробной микрофлоры – сульфатредуцирующих и денитри-фицирующих микроорганизмов. Также, по имеющимся данным, органотрофы способны к образо-ванию супероксидного анион-радикала, как одного из факторов инициирования коррозии металлов [11]. По данным проведенных исследований, можно сказать, что количество гетеротрофных микроорганизмов в образцах № 2 и № 3 на порядок выше, чем в других образцах и составляет (4,24(0,61))(107 и (9,61(0,92))(107 КОЕ на 1 грамм почвы соответственно.

Количество углеводородокисляющих микроорганизмов варьирует от 41400 КОЕ на 1 г почвы в образце № 1 до 14800000 КОЕ на 1 г почвы в образце № 2. Таким образом, в образце № 2 коли-чество углеводородокисляющих микроорганизмов на три порядка выше, чем в образцах № 1, 4, 6.

Количество микромицетов варьирует от 781 до 192000 КОЕ на 1 грамм почвы. В образце № 1 ми-кромицеты не обнаружены. А их наибольшее количество (192000 КОЕ) отмечается в образце № 2.

Дрожжи не были обнаружены ни в одном из образцов.

Наибольшее количество актиномицетов выявлено в образцах № 2 и 3 (до 27400000 КОЕ на 1 грамм почвы). Наименьшее количество – в образцах № 1 и 6, в которых актиномицетов на два порядка меньше.

Исходя из данных таблицы 2, можно отметить, что наибольшее количество микроорганизмов различных таксономических групп наблюдается в образце № 2, а наименьшее – в образцах № 1 и 6.

Таким образом, на основании полученных результатов, можно сделать вывод об увеличении в образце грунта, взятом возле нефтепровода с нарушенной изоляцией, анионов сульфата и бикарбоната и катиона магния. В этой же пробе обнаружено наибольшее количество всех исследуемых групп микроорганизмов. Эти данные позволяют предположить высокую вероятность развития коррозионных процессов на данном участке. Также необходимо отметить, что высокая удельная электропроводность и большой процент засоленности в образцах № 1 и 6 может свидетельствовать о высокой коррозионной агрессивности данных грунтов, которая может привести к коррозии металла на данных участках трубопровода.

ЛИТЕРАТУРА

1 Neria-Gonzalez I., Wang E.T., Ramirez F., Romero J.M., Hernandez-Rodriguez C. Characterization of bacterial community associated to biofilms of corroded oil pipelines from the southeast of Mexico // *Anaerobe*. – 2006. – Vol. 12. – P. 122-133.

- 2 Биокоррозия металлических и бетонных конструкций. Защитные биоцидные свойства эпоксидных материалов. <http://stroika.biz.ua/articles/819/>
- 3 Биокоррозия. <http://voda.na.by/index.files/14.htm>
- 4 Андреюк Е. И. Микробная коррозия и ее возбудители. – Киев: Наукова думка, 1980. – С. 29-30.
- 5 Андреюк Е.И., Козлова И.А. Литотрофные бактерии и микробиологическая коррозия. – Киев: Наукова думка, 1977. – 164 с.
- 6 Егоров Н.С. Руководство к практическим занятиям. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 186 с.
- 7 Мустафин Ф.М., Кузнецов М.В., Васильев Г.Г. и др. Защита трубопроводов от коррозии. – СПб.: ООО «Недра», 2005. – Т. 1. – 620 с.
- 8 Мальцева Г.Н. Коррозия и защита оборудования от коррозии: Учеб.пособие / Под ред. д.т.н., проф. С. Н. Вино-градова. – Пенза: Изд-во Пенз. гос.ун-та, 2000. – 211 с.
- 9 Семенова И.В., Флорианович Г.М., Хорошилов А.В. Коррозия и защита от коррозии. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2000. – 211 с.
- 10 Герасименко А.А. Биокоррозия и защита металлоконструкций. Особенности процесса биокоррозии. Микробная коррозия в природных средах // Практ. противокорроз. защиты. – 1998. – № 4. – С. 14-26.
- 11 Белов Д.В., Калинина А.А., Соколова Т.Н. и др. Роль супероксидного анион-радикала в бактериальной коррозии металлов // Прикладная биохимия и микробиология. – 2012. – Т. 48, № 3. – С. 302-307.

REFERENCES

- 1 Neria-Gonzalez I., Wang E.T., Ramirez F., Romero J.M., Hernandez-Rodriguez C. *Anaerobe*. **2006**,12, 122–133 (in Engl.).
- 2 Biokorroziya metallicheskih i betonnyh konstrukcij. Zashhitnye biocidnye svojstva jepoksidnyh materialov. <http://stroika.biz.ua/articles/819/> (in Russ.).
- 3 Biokorroziya. <http://voda.na.by/index.files/14.htm> (in Russ.).
- 4 Andrejuk E. I. *Mikrobnaja korrozija i ee vozбудiteli*, **1980**. 9-30 (in Russ.).
- 5 Andrejuk E.I., Kozlova I.A. *Litotrofnye bakterii i mikrobiologičeskaja korrozija*. Kiev: *Naukova dumka*, **1977**, 164 (in Russ.).
- 6 Egorov N.S. *Rukovodstvo k praktičeskim zanjatijam*,**1995**,186 (in Russ.).
- 7 Mustafin F.M., Kuznecov M.V., Vasil'ev G.G. i dr. *Zashhita truboprovodov ot korrozii*. SPb.:ООО «Недра», **2005**, 1, 620 (in Russ.).
- 8 Mal'ceva G.N. Pod redakciej d.t.n., professora S.N. Vinogradova. *Korroziya i zashhita oborudovaniya ot korrozii: Ucheb.posobie*,**2000**, 211 (in Russ.).
- 9 Semenova I.V., Florianovich G.M., Horoshilov A.V. *Korroziya i zashhita ot korrozii*, **2000**, 211 (in Russ.).
- 10 Gerasimenko A.A. *Prakt. protivokorroz. zashhity*,**1998**, 4, 14-26(in Russ.).
- 11 Belov D.V., Kalinina A.A., Sokolova T.N i dr. *Prikladnaja biohimija i mikrobiologija*, **2012**, 48, 3, 302-307 (in Russ.).

Резюме

С. А. Айткелдиева¹, Л. Г. Татаркина¹, А. А. Құрманбаев¹,
Г. Б. Баймаханова¹, А. М. Нұрмұханбетова¹, К. Б. Оралбаева²

(¹ҚР БЖҒМ ҒК «Микробиология және вирусология институты» РМК , Алматы, Қазақстан Республикасы,

²«КазТрансОйл» АҚ, Алматы, Қазақстан Республикасы)

КОРРОЗИЯЛЫҚ БАСЫМДЫЛЫҚТЫ БАҒАЛАУ ҮШІН «ҚАРАҚОЙЫН-ШЫМКЕНТ»
МҰНАЙ ҚҰБЫРЛАР МАҢЫ ТОПЫРАҚ ҮЛГІЛЕРІНІҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ
ЖӘНЕ МИКРОБИОЛОГИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН АНЫҚТАУ

Коррозиялық басымдылықты бағалау мақсатында «Қарақойын-Шымкент» мұнай құбыры бойының 6 нүктесінен алынған топырақ үлгілеріне микробиологиялық және химиялық зерттеулер жүргізілді. Изоляциялық жабындысы бұзылған құбыр маңының топырақ үлгісінен сульфаттар санының артқанын, сонымен қатар актиномицеттердің, микромицеттердің, гетеротрофты және көмірсутектотықтырғыш микро-организмдер санының көбейгені байқалады, яғни коррозия үрдісінің басталғандығын дәлелдейді.

Тірек сөздер: коррозия, биокоррозия, құбыр, топырақтың физика-химиялық қасиеттері, коррозиялық қауіпті микроорганизмдер.

Summary

*S. A. Aitkeldiyeva¹, L. G. Tatarkina¹, A. A. Kurmanbayev¹,
G. B. Baimakhanova¹, A. M. Nurmuhambetova¹, K. B. Oralbaeva²*

(¹«Institute of microbiology and virology» CS MES RK, Almaty, Republic of Kazakhstan,

²НТЦ АО «КазТрансОйл», Almaty, Republic of Kazakhstan)

DETERMINATION OF PHYSICOCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL PROPERTIES
OF THE SOIL SAMPLES OF NEARBY PIPE SPACE OF THE OIL PIPELINE "KARAKOIN-
SHYMKENT" TO ASSESS THEIR CORROSION ACTIVITY

Conducted chemical and microbiological analyzes of soil samples taken at six locations throughout the pipeline "Karakoin-Shymkent" to determine their corrosion aggressiveness. In a sample of soil sampled near the pipe in violation of the insulation coating, an increase in the amount of sulfate ions, as well as an increase in the number of actinomyces, micromycetes, heterotrophic and hydrocarbon-oxidizing microorganisms, which may indicate the beginning of the corrosion process.

Keywords: corrosion, biocorrosion, pipeline, physico-chemical properties of the soil, corrosion dangerous microorganisms.

Поступила 17.07.2013 г.

