

Мария Николаевна КАЗАНЦЕВА¹
Игорь Геннадиевич СВАНИДЗЕ²

УДК 504.054

**ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНОГО ФИТОЦЕНОЗА
В ЮЖНОЙ ТАЙГЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ
МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ПЛАСТОВЫХ ВОД**

¹ кандидат биологических наук,
ведущий научный сотрудник сектора биоразнообразия
и динамики природных комплексов,
Институт проблем освоения Севера СО РАН
mnkazantseva@yandex.ru

² кандидат географических наук,
научный сотрудник, НИИ экологии
и рационального использования природных ресурсов;
Тюменский государственный университет
svaigor@mail.ru

Аннотация

В статье анализируются последствия техногенного засоления участка смешанного леса пластовыми водами хлоридно-натриевого состава, поступающими из аварийной геологоразведочной скважины. Приводится сравнительная характеристика растительного покрова трех опытных участков: фонового, сильной и слабой степени засоления. Показано, что засоление и сопутствующее усиление гидроморфности почв привело к полной гибели древостоя уже при слабо выраженном воздействии. На нарушенных участках отмечается снижение общего богатства и разнообразия травянистой растительности; происходят изменения во флористическом составе за счет появления новых, устойчивых к засолению видов. На участке с сильной степенью засоления виды исходного лесного сообщества полностью отсутствуют. Доминирование отдельных эврибионтных и солеустойчивых видов растений приводит к упрощению пространственной структуры

Цитирование: Казанцева М. Н. Трансформация лесного фитоценоза в южной тайге Западной Сибири под действием минерализованных пластовых вод / М. Н. Казанцева, И. Г. Сванидзе // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2016. Том 2. № 3. С. 71-81.

DOI: 10.21684/2411-7927-2016-2-3-71-81

фитоценозов, а также к общей монотонности в строении растительного покрова. Возействие минерализованных вод вызывает опосредованные изменения всего спектра экологических условий и приводит к глубокой трансформации исходного лесного типа растительности в луговой или болотный в зависимости от степени обводнения.

Ключевые слова

Лесной фитоценоз, засоление почв, растительный покров, трансформация.

DOI: 10.21684/2411-7927-2016-2-3-71-81

Введение

Актуальной экологической проблемой в настоящее время является засоление почв в регионах с гумидным климатом, для которых данное явление нетипично вследствие промывного режима почв. Развитию устойчивого засоления здесь способствуют техногенные процессы, связанные с несоблюдением экологических норм при проведении геологоразведочных работ, эксплуатации и последующей консервации скважин. Поступление высокоминерализованных пластовых вод на земную поверхность приводит к изменению почвенных условий, гибели или существенной трансформации развивающихся на них растительных сообществ [4, 9, 12, 13].

В южных районах Зауралья и Западной Сибири источниками засоления почв часто являются старые геологоразведочные скважины, пробуренные в середине прошлого века при поиске нефти и газа. На юге Тюменской и в сопредельных районах Свердловской областей насчитывается более 100 таких скважин, которые в настоящее время являются бесхозными [10]. Многие из них представляют серьезную экологическую опасность, т. к. в результате коррозии и разгерметизации устьев фонтанируют минерализованными артезианскими водами уже на протяжении длительного времени.

Целью нашего исследования является оценка процессов трансформации растительного покрова в районе одной из таких скважин, выбранной в качестве модельной, которая фонтанирует уже более 20 лет.

Материал и методы исследования

Исследования проводились летом 2013 г. в районе аварийной скважины Южно-Тобольская №1-Р, расположенной на слаборасчлененном участке высокой террасы реки Тобол с небольшими уклонами и отсутствием эрозионной сети. В соответствии с геоботаническим районированием эта территория находится в подзоне южной тайги Западно-Сибирской равнины [8]. Фоновая растительность в районе скважины представлена смешанным сосново-березовым лесом со злаково-разнотравным покровом.

Соленые воды, непрерывно поступающие из устья скважины на поверхность, стекают по понижению рельефа в сторону лесного массива. До начала фонтанизации скважины, согласно космическому снимку 1967 г., понижение было занято лесом (рис. 1 а). На современном снимке на этом месте виден гидроморфный участок, лишенный древесной растительности, врезающийся в лесной массив (рис. 1 б).

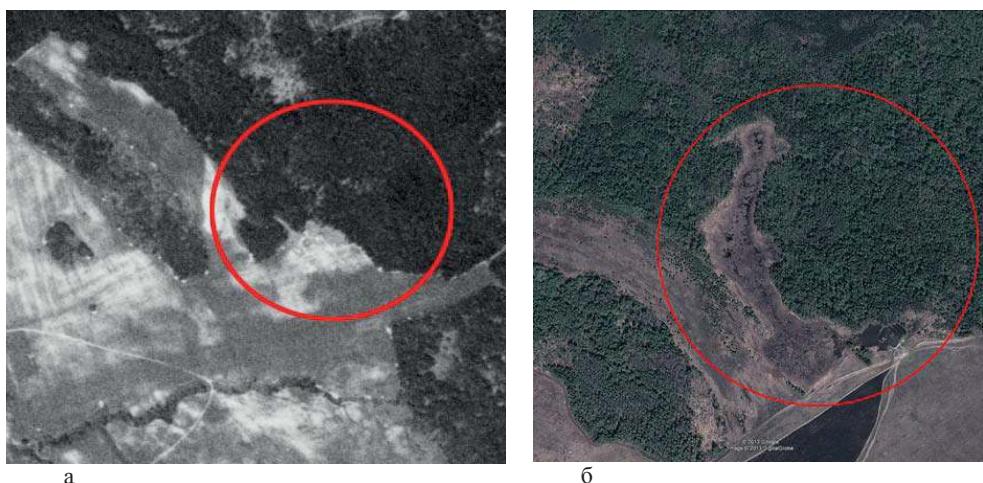


Рис. 1. Сравнение космических снимков до начала фонтанирования скважины (а — Corona, 6.18.1967) и в настоящее время (б — GeoEye, 5.27.2011)

Fig. 1. The comparison of satellite images before the oil-well blowout (a — Corona, June 18, 1967) and currently (б — GeoEye, May 27, 2011)

Натурное обследование показало, что по руслу стока минерализованных вод к настоящему времени произошло формирование заболоченного участка, покосшего тростником (*Phragmites communis*). Между болотом и фоновой лесной растительностью достаточно отчетливо выделяется промежуточная зона, занятая лугоподобным сообществом с единично сохранившимися сухостойными стволами деревьев.

Для изучения процессов трансформации растительного покрова было заложено три опытных участка, располагающихся по трансекте, направленной от фоновой территории (участок № 1), через переходную зону (участок № 2) к понижению, по которому идет сток минерализованных вод (участок № 3). На каждом участке методом почвенно-геоморфологического профилирования было проведено обследование почвенных условий, отобраны образцы для аналитического определения химизма и степени засоления почв по сумме токсичных солей [3].

Обследование древостоя на фоновой территории проводилось на площади 1/4 га с использованием методов лесной таксации [1]. Для описания травянистой растительности в каждом из вариантов условий было заложено по 3 стандартных учетных площадки размером 1x1 м. Описание проводилось в соответствии с общепринятыми методами геоботанических исследований [11]. Ввиду отсутствия древостоя на нарушенной территории, для флористических сравнений были использованы данные только по травянистой растительности. Показатели обилия растительного покрова оценивались через проективное покрытие растениями поверхности учетной площадки, в %. Для выделения экологого-ценоти-

ческих групп растений использовались существующие базы данных [2]. Группы экологической валентности растений по отношению к засолению почвы выделялись с использованием шкалы Д. Н. Цыганова по методике, предложенной Л. А. Жуковой и др. [7]. Статистическая обработка данных проводилась с использованием программ Excel и Statan [5].

Результаты и обсуждение

Лесная растительность на фоновой территории представлена спелым одноярусным насаждением смешанного типа. В составе древостоя доминирует сосна обыкновенная (*Pinus silvestris*), кроме нее присутствуют также береза (*Betula pendula*), осина (*Populus tremula*) и липа сердцелистная (*Tilia cordata*). Общая формула древостоя имеет вид: 7С3Б + Ос, Лп и высокую полноту (0,9). Хорошо развит кустарниковый подлесок из черемухи (*Padus avium*), рябины сибирской (*Sorbus sibirica*) и шиповника (*Rosa acicularis*). Характер покрытия травянистой растительностью мозаичный, наибольшее обилие и разнообразие растений приурочено к опушечной зоне и окнам в лесном пологе.

Под смешанным лесом развивается свежая дерново-подзолистая иллювиально-железистая супесчаная почва [6], характеризующаяся минимальным количеством растворенных солей. В переходной зоне, в результате усиления глеевых процессов под действием минерализованных вод, произошло формирование влажных дерново-грунтово-глееватых слабозасоленных легкосуглинистых почв. В понижении под тростниковой растительностью имеет место сырья перегнойная грунтово-глеевая сильнозасоленная супесчаная почва. Иллювиально-железистый горизонт исходной почвы под воздействием пластовых вод трансформировался здесь в глеевый. В целом степени засоления и гидроморфности почв возрастают по линии трансекты от фоновой территории к микропонижению. Химизм нарушенных почв хлоридно-натриевый (Cl-Na).

По мере усиления засоления и влажности почв происходит снижение общего таксономического богатства травянистой растительности (табл. 1). Даже на участке слабого засоления количество видов снижается по сравнению с фоном в 1,8 раза, а количество представленных здесь семейств — в 2,6 раза. При сильной степени засоления и обводнения почв в области понижения общее видовое богатство снижается в 5,5 раз, а количество семейств становится в 9,5 раз меньше фонового значения. Существенно меняется и флористический состав фитоценозов. Большинство фоновых видов исчезают из состава сообщества даже при слабой степени воздействия. Коэффициент флористического сходства (Серенсона — Чекановского) между участком № 2 и фоновой территорией составляет всего 6,1%. Для участка № 3 значение этого коэффициента равно нулю, фоновые виды здесь полностью отсутствуют.

В составе растительного покрова обследованных участков присутствуют виды, в разной степени переносящие засоление почв: эвривалентные способны расти в широком диапазоне засоления, стеновалентные — в узком, а мезовалентные занимают промежуточную позицию (рис. 2).

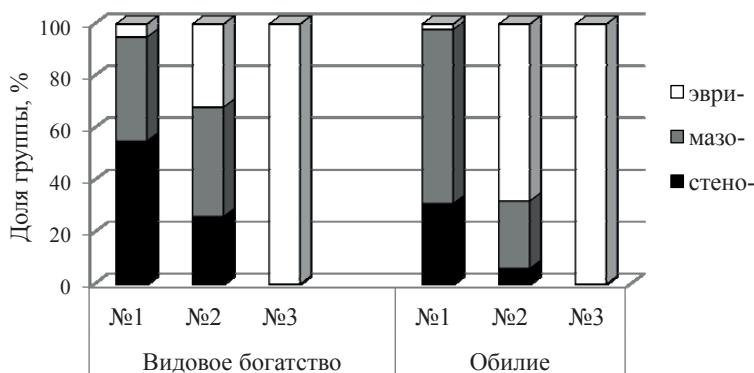
Таблица 1

**Таксономическое богатство
растительного покрова опытных
участков в зависимости от засоления
и гидрологического режима почв**

Table 1

**Taxonomic richness of vegetation
surface in sample sites depending
on the salinity and hydrological regime
of soils**

| № уч-ка | Почвенные условия | | Количество таксономических групп | | |
|------------|----------------------|-----------------------|----------------------------------|-------|----------|
| | степень засоления | степень увлажнения | видов | родов | семейств |
| 1 | - | свежие | 21 | 21 | 18 |
| 2 | слабая | влажные | 12 | 12 | 7 |
| 3 | сильная | сырые | 2 | 2 | 2 |



Rис. 2. Соотношение на опытных участках эври-, мезо- и стено-валентных растений по количеству видов и обилию, %

*Fig. 2. Ratio on the experimental sites of the eury-, meso and steno-
valent plants according to the number of
species and their abundance, %*

Основу покрова на фоновой территории составляют представители двух последних групп. На нарушенных участках роль солеустойчивых видов существенно возрастает. Доля эвривалентов уже при слабой степени засоления увеличивается в видовом богатстве сообществ более чем в 6 раз, а по показателю обилия — в 34 раза. На участке № 3 в составе покрова присутствуют исключительно эвривалентные виды растений.

Под воздействием минерализованных вод происходит изменение показателей, характеризующих пространственную структуру фитоценозов: общего обилия и количественного соотношения видов в сообществе. Последний показатель лежит в основе расчета интегральных индексов видового разнообразия (табл. 2). Из двух индексов разнообразия индекс Симпсона придает большее значение обычным видам, Шеннона — редким.

Таблица 2

Обилие, видовая насыщенность и видовое разнообразие растительного покрова на учетных площадках

Table 2

The abundance, species richness, and diversity of the vegetation surface in the accounted areas

| № уч-ка | Обилие, % X±x / CV | Индексы видового разнообразия | | | |
|---------|-----------------------|-------------------------------|-------|------|------|
| | | H | D | C | e |
| 1 | 47,2±5,88 31,6 | 1,72 | 0,75 | 0,25 | 0,51 |
| 2 | ***93,8±6,20 9,4 | 0,46 | 0,24 | 0,76 | 0,31 |
| 3 | ***99,8±1,67 2,9 | 0,01 | 0,002 | 0,99 | 0,01 |

Примечание: X±x — среднее значение показателя с ошибкой; CV — коэффициент вариации, %; ***различия с участком №1 достоверны при $P < 0,001$

Индексы разнообразия: H — Шеннона, D — Симпсона; C — индекс доминирования Симпсона; e — индекс выравненности Пиелу

NB: X±x – an average value of the error; CV — he coefficient of variation, %, *** Differences with the site no 1 are correct at $P < 0.001$

Diversity indices: H — Shannon, D — Simpson; C — Simpson dominance index; e — Pielou uniformity index

Фоновый участок характеризуется значительно более высоким видовым разнообразием травостоя из-за большего флористического богатства, отсутствия явных доминантов и относительно равномерного количественного распределения видов в сообществе.

Общее обилие растительного покрова на нарушенных участках существенно возрастает. Это обеспечивается массовым развитием отдельных эврибионтных и солеустойчивых видов, которые приобретают доминирующее положение. Так, на участке № 2 в качестве доминанта выступает эврибионтный вид — пырей ползучий (*Elytrigia repens*) с общим обилием более 80%. На заболоченном участке № 3 абсолютно доминирует гигрофит — тростник обыкновенный, способный расти на сильнозасоленных почвах. Показатель проективного покрытия этого вида составляет почти 100%. Другие виды представлены на этих участках в незначительном количестве; индекс выравненности здесь существенно ниже, чем в контроле. Таким образом, воздействие минерализованных вод приводит к снижению видового разнообразия, а также к существенному упрощению пространственной структуры фитоценозов, к общей монотонности в строении растительного покрова.

Техногенное засоление вызывало целый ряд опосредованных экологических последствий. Так, например, произошло изменение в освещенности нарушенных участков, которая существенно увеличилась за счет гибели и выпадения дре-

весной растительности. Очевидно, что это, в свою очередь, повлияло и на изменение других абиотических факторов среды — температуры, движения воздушных потоков и т. д. Таким образом, на каждом из рассматриваемых нарушенных участков произошло формирование нового комплекса экологических условий, что сопровождалось изменением в соотношении эколого-ценотических групп растений исходного сообщества, а также появлением видов с другими экологическими характеристиками (рис. 3).

Во флористическом составе переходного участка значительно сократилось количество видов лесной экологии за счет увеличения доли луговой растительности и появления видов, свойственных заболоченным местообитаниям. На участке № 3 покров составлен исключительно луговыми и болотными видами, причем последние абсолютно преобладают по обилию. Т. е. на нарушенных участках, в зависимости от силы проявления экологических факторов, произошла трансформация лесного типа растительности в луговой (участок № 2) и болотный (участок № 3).

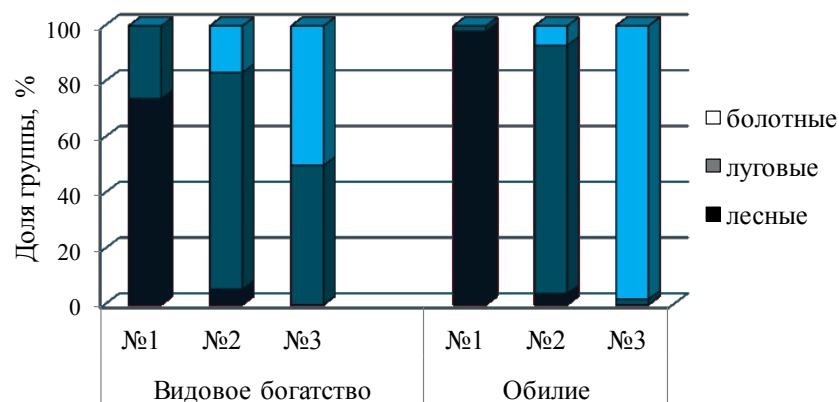


Рис. 3. Соотношение эколого-ценотических групп растений на опытных участках по количеству видов и обилию, %

Fig. 2. The ratio of ecology-cenotic plant groups in the experimental sites according to the species number and their abundance, %

Заключение

Таким образом, длительное засоление территории фонтанирующими пластовыми водами привело к радикальной перестройке исходного фитоценоза, а также к смене типа растительности с лесного на луговой и болотный. Это сопровождалось существенным снижением флористического богатства, упрощением видовой и пространственной структур растительного сообщества и появлением новых видов, устойчивых к засолению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анучин Н. П. Лесная таксация / Н. П. Анучин. М.: Лесная Пром-сть, 1982. 552 с.
2. База данных «Флора сосудистых растений Центральной России». URL: <http://www.jcbi.ru/eco1>
3. Базилевич Н. И. Опыт классификации почв по содержанию токсичных солей и ионов / Н. И. Базилевич, Е. И. Панкова // Бюл. почв. ин-та им. В. В. Докучаева, 1972. Вып. 5. С. 36-40.
4. Гашев С. Н. Масштабы нефте-солевого загрязнения Ханты-Мансийского автономного округа и объемы средств на рекультивацию / С. Н. Гашев, А. В. Рыбин, М. Н. Казанцева, А. В. Соромотин // Сб. Биологическая рекультивация нарушенных земель. 1996. С. 27-30.
5. Гашев С. Н. Статистический анализ для биологов (Пакет программ STATAN-1996) / С. Н. Гашев. Тюмень: ТюмГУ, 1998. 51 с.
6. Егоров В. В. Классификация и диагностика почв СССР / В. В. Егоров, В. М. Фридланд, Е. Н. Иванова, Н. И. Розов. М.: Колос, 1977. 225 с.
7. Жукова Л. А. Экологические шкалы и методы анализа экологического разнообразия растений / Л. А. Жукова, Ю. А. Дорогова, Н. В. Турмухаметова, М. Н. Гаврилова, Т. А. Полянская. Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2010. 386 с.
8. Ильина И. С. Растительный покров Западно-Сибирской равнины / И. С. Ильина, Е. И. Лапшина, Н. Н. Лавренко, Л. И. Мельцер, Е. А. Романова, Б. А. Богоявленский, В. Д. Махно. Новосибирск: Наука, 1985.
9. Казанцева М. Н. Влияние нефтедобычи на живой напочвенный покров таежных лесов Западной Сибири / М. Н. Казанцева // Сибирский экологический журнал. 2011. Т. 18. № 6. С. 789-796.
10. Коновалов И. А. Экологические последствия воздействия пластовых вод из устья геологоразведочных скважин: автореф. дис. канд. биол. наук / И. А. Коновалов. Омск, 2012.
11. Понятовская В. М. Учет обилия и особенности размещения видов в естественных растительных сообществах / В. М. Понятовская // Полевая геоботаника. М.-Л.: Наука, 1964. Т. 3. С. 209-289.
12. Соловьева З. Е. Особенности трансформации почвенно-растительного покрова при загрязнении нефтью и минерализованными водами в Среднем Приобье / З. Е. Соловьева, С. Я. Трофимов // ВМУ. Сер. 17. Почвоведение. 2008. № 1. С. 3-8.
13. Соромотин А. В. Солевое загрязнение таежных биогеоценозов при нефтедобыче в Среднем Приобье / А. В. Соромотин, С. Н. Гашев, М. Н. Казанцева // Проблемы географии и экологии Западной Сибири. Сборник научных статей. Тюмень, 1996. С. 121-131.

Maria N. KAZANTSEVA¹
Igor G. SVANIDZE²

TRANSFORMATION OF FOREST PHYTOCENOSIS IN SOUTHERN TAIGA OF WEST SIBERIA UNDER THE ACTION OF MINERALIZED FORMATION WATERS

¹ Cand. Sci. (Biol.), Leading Researcher,
Sector of Biodiversity and Ecosystem Dynamics,
Institute of the Problems of Northern Development, SB RAS
mnkazantseva@yandex.ru

² Cand. Sci. (Geogr.), Researcher,
Research Institute of Ecology and Environmental Management;
Tyumen State University
svaigor@mail.ru

Abstract

The article analyzes the impact of saline waters with chloride-sodium composition on the area of mixed forest. The water comes from the emergency exploration well. Comparative characteristics of the vegetation cover three experimental sites: a background site and sites with a strong and weak degree of salinity. It is shown that the total loss of trees comes even at low salinity and soil water content. The reduction in the overall richness and diversity of herbaceous vegetation is marked in disturbed areas. There are new species of plants that are resistant to salinity. Plants of the original forest community in the area with a strong degree of salinity are completely absent. The strong dominance of certain salt-tolerant species leads to a simplification of the spatial phytocenosis structure. The monotony of the vegetation cover increases. The impact of mineralized water causes an indirect change in the whole range of environmental conditions. This leads to a profound transformation of the original forest vegetation type in the meadow or marsh, depending on the extent of flooding.

Citation: Kazantseva M. N., Svanidze I. G. 2016. "Transformation of Forest Phytocenosis in Southern Taiga of West Siberia under the Action of Mineralized Formation Waters". Tyumen State University Herald. Natural Resource Use and Ecology, vol. 2, no 3, pp. 71-81.
DOI: 10.21684/2411-7927-2016-2-3-71-81

Keywords

Forest phytocenosis, soil salinity, vegetation cover, transformation.

DOI: 10.21684/2411-7927-2016-2-3-71-81

REFERENCES

1. Anuchin N. P. 1982. Lesnaya taksaciya [Forest Mensuration], p. 552. Moscow: Forest Industry.
2. Baza dannyy "Flora sosudistyyh rasteniy Centralnoy Rossii" [The Vascular Plant Flora of Central Russia database]. <http://www.jcbi.ru/eco1>
3. Bazilevich N. I., Pankova Ye. I. 1972. "Opyt klassifikacii pochv po soderzhaniyu toksichnyh soley i ionov" [Soil Classification Experience by Presence of Toxic Salts and Ions]. Bulletin of V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, vol. 5t, pp. 36-40.
4. Egorov V. V., Fridland V. M., Ivanova Ye. N., Rozov N. I. 1977. Klassifikaciya i diagnostika pochv SSSR [Classification and Diagnostics of the Soils of the USSR]. Moscow: Kolos.
5. Gashev S. N., Rybin A. V., Kazantseva M. N., Soromotin A. V. 1996. "Masshtaby nefte-solevogo zagryazneniya Hanty-mansiyskogo avtonomnogo okruga i obemy sredstv na rekultivaciyu" [The Scale of Oil and Salt Pollution of the Khanty-Mansi Autonomous Area and the Amount of Funds for Its Reclamation]. Proceedings of the International Convention "Biologicheskaya rekultivaciya narushennyh zemel", pp. 27-30. Yekaterinburg.
6. Gashev S. N. 1998. Statisticheskiy analiz dlya biologov (Paket programm "STATAN-1996") [Statistical Analysis for Biologists (STATAN-1996 Software Package)]. Tyumen: Tyumen State University.
7. Ilyina I. S., Lapshyna Ye. I., Lavrenko N. N., Meltsler L. I., Romanova Ye. A., Bogoyavlensky B. A., Makhno V. D. 1985. Rastitelnyy pokrov Zapadno-Sibirskoy ravniny Rastitelnyy pokrov Zapadno-Sibirskoy ravniny [Plant Cover of the West Siberian Plain]. Novosibirsk: Nauka.
8. Kazantseva M. N. 2011. "Vliyanie neftedobychi na zhivoty napochvennyy pokrov taezhnyh lesov Zapadnoy Sibiri" [The Effect of Oil Extraction on Ground Cover of West Siberian Taiga Forests]. Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal (Contemporary Problems of Ecology), vol. 18, no 6, pp. 789-796.
9. Konovalov I. A. 2012. "Ekologicheskie posledstviya vozdeystviya plastovyh vod iz ustya geologorazvedochnyh skvazhin" [Ecological Consequences of the Impact of Stratified Waters, Leaking from Hole of Drilling Wells]. Cand. Sci. (Biol.) diss. abstract. Omsk.
10. Ponyatovskaya, V. M. 1964. "Uchet obiliya i osobennosti razmescheniya vidov v estestvennyh rastitelnyh soobschestvah" [Account of the Abundance and Features of Distribution of Species in Natural Plant Communities]. In: Korchagin A. A., Lavrenko Ye. M. (eds). 1964. Polevaya geobotanika, vol. 3, pp. 209-289. Moscow-Leningrad: Nauka.
11. Solovyova Z. Ye., Trofimov S. Yu. 2008. "Osobennosti transformatsii pochvenno-rastitelnogo pokrova pri zagryaznenii neftyu i mineralizovannymi vodami v Srednem

- Priobe Osobennosti transformacii pochvenno-rastitelnogo pokrova pri zagryaznenii neftyu i mineralizovannymi vodami v Srednem Priobe” [The Transformation Features of Soil and Vegetation Cover Resulting from Pollution of Oil and Saline Water in the Middle Ob]. Moscow University Bulletin. Series 17. Soil Science, no 1, pp. 3-8.
12. Soromtin A. V., Gashev S. N., Kazantseva M. N. 1996. “Solevoe zagryaznenie taezhnyh biogeocenozov pri neftedobyche v Srednem Priobe” [Salt Pollution of Taiga Biogeocenoses on the Territories of Oil Extraction in the Middle Ob]. In: Bakulin V. V., Kalinin V. M., Larin S. I., Lezin V. A., Osipov V. A., Starkov V. D. (eds). 1996. Problemy geografii i ekologii Zapadnoy Sibiri. Sbornik nauchnyh statey, pp. 121-131. Tyumen: Tyumen State University.
13. Zhukova L. A., Dorogova J. A., Turmukhametova N. V., Gavrilova M. N., Polanskaya T. A. 2010. Ekologicheskie shkaly i metody analiza ekologicheskogo raznoobraziya rasteniy [Ecological Scales and Methods for Analysis of Ecological Diversity of Plants]. Yoshkar-Ola: Mari State University.