

УДК: 911.2:551.

МРНТИ: 39.19.31

DOI 10.37238/2960-1371.2960-138X.2025.99(3).138

Петрищев В.П.***ФГБУН «Институт степи УрО РАН»**
ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»***Автор-корреспондент:** wadpetr@mail.ru

E-mail: orensteppe@mail.ru, wadpetr@mail.ru

**ЛАНДШАФТЫ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ: ОСОБЕННОСТИ
ИНДИКАЦИИ МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ**

Аннотация. В статье описывается методика классификации космических снимков на территорию нефтегазовых месторождений с определением трансформации морфологической структуры ландшафта во времени. Придается особое внимание комплексной оценке состояния ландшафтов нефтегазовых месторождений, включая гидрологическое, геохимическое, почвенное, геоботаническое. Основное внимание уделено анализу морфологической структуры ландшафтов по данным спутниковых съемок, включая отслеживание поверхностных разливов нефти и шламов, а также оценку подвижности границ ландшафтных элементов на уровнях местностей, урочищ и подурочищ. Описаны подходы контролируемой и неконтролируемой классификации космических снимков, использование радиолокационных и мультиспектральных диапазонов, а также индексов (например, NDVI) для выявления зон деградации. Показана значимость комплексного и долгосрочного анализа гидроморфных урочищ и пойменных территорий, где изменение уровня поверхностных вод способствует распространению нефтепродуктов. Полученные результаты подтверждают эффективность интеграции спутниковых данных и полевых исследований для мониторинга нефтяных разливов и оценки состояния ландшафтных комплексов.

Ключевые слова: Ландшафты нефтегазовых месторождений; космическая съемка; крупноконтурность; урочища; пиксели; контролируемая классификация; разливы нефти; буровые растворы; шламы.

Введение

Для оценки техногенной трансформации ландшафтных комплексов в результате процессов недропользования в последнее время все чаще используются спутниковые снимки. Особенно высоки их возможности при отслеживании поверхностных разливов нефти и шламов. Для этого используются радиолокационные диапазоны – видимые и ближние инфракрасные [1, 2]. Анализ трансформации морфологической структуры ландшафтных комплексов по данным дистанционного зондирования в Оренбургской области может включать

как оценку влияния добычи углеводородов на подвижность границ элементов ландшафта на уровне местностей, урочищ и подурочищ, так и разработку методов обнаружения разливов нефти в степном регионе. Одним из способов оценки трансформации морфологической структуры ландшафтов нефтегазовых месторождений заключается в долгосрочном анализе контуров гидроморфных урочищ, поскольку при изменении уровня воды разливы нефти охватывают наибольшие площади [1].

Поскольку для дистанционного зондирования классификация изображения представляет один из самых важных этапов, ландшафтная ординация полученных классов спутникового снимка представляет удобный способ выявления техногенной деформации естественной структуры природных комплексов. При этом следует учесть, что ландшафтный комплекс, состоящий из шести компонентов, при правильной интерпретации на космическом снимке, позволяет выявить как морфологическую структуру, так и межкомпонентные взаимодействия. За рубежом классификацию спутниковых снимков называют объектно-ориентированной классификацией. Для такой классификации существует несколько методов [3, 4, 5]. Например, метод многопороговой обработки при классификации, метод контролируемой классификации на основе обучающего класса. Для обучающей классификации выбирается модельный ландшафт (область), который выступает в качестве классификатора для всей территории. Однако следует учесть, что модельный (обучающий) класс фиксирует только определенный тип урочища (до уровня порогового разрешения). Морфологическая структура ландшафтного комплекса, включающего разнотипные местности, урочища и подурочища может оказаться гораздо сложнее. Разумеется, для выявления разливов нефтепродуктов на основе дистанционного ландшафтного мониторинга получение модельного ландшафта должно сопровождаться полевыми исследованиями и представлением о региональной и типологической дифференциации территории. Неконтролируемая классификация снимка обходится без модельного объекта, в связи, с чем чаще использует комбинации каналов и уже разработанные индексы (в т.ч. вегетативные). Например, индекс NDVI используется для оценки продуктивности сельскохозяйственных угодий [6, 7, 10].

Методы и материалы исследования

Для определения разливов нефти наряду с радарной съемкой широко используются оптические спутниковые снимки, т.к. используя спектральные характеристики поверхности нефтепродуктов позволяют определить площадь разлива. Однако, оценка объема разлитой нефти остается сложной задачей. Мощность слоя разлитой нефти в воде определяется по мультиспектральным снимкам путем анализа локальных максимумов в спектре отражения воды, покрытой нефтяной пленкой [4].

Среди ключевых требований к методикам, использующихся для оценки площадей разлива нефти и деградации ландшафтов, выделяется максимально долгосрочный анализ состояния ландшафтных комплексов, связанных с поверхностными водами (пойменный тип местности), определение масляных пятен в речных долинах. Считается, что изменение уровня поверхностных вод



скорее всего ведет к распространению нефтепродуктов в почвах. Одним из индикаторов разливов нефти считается резкое увеличение количества мелких пикселей по краям водоемов при снижении уровня воды, которое приводит к облегчению распространения нефти в почву. Снижение уровня поверхностных вод обычно связываются с работами по очистке территории месторождения, в результате которых из русла реки и из поймы удалятся большое количество загрязненной воды. Сосредоточение крупных пикселей вдоль рек, ручьев и проток означает попадание в воду и накопление нефтепродуктов вокруг водоемов [8, 9].

Результаты исследования

Пойменные местности, представляя собой затопляемые природные комплексы, приспосабливаясь к гидроморфным условиям, обладают мелкоячеистой структурой со сложной сегментацией, поэтому крупноконтурность свидетельствует только об антропогенных нарушениях, а устойчивость крупных контуров – о техногенных воздействиях в результате разливов нефти.

Считается, что ведущую роль в качестве индикаторов антропогенной трансформации компонентов тундровых и лесотундровых ландшафтов играют: для почв - концентрация бария, ртути, цинка, меди (все 4 элемента индикаторы техногенеза при разработке месторождений), свинца (аварийные разливы нефтепродуктов в прошлом), нафталина и нефтяных углеводородов; для поверхностных вод - бария и нефтяных углеводородов; для растительности - бария, цинка, никеля (четкой привязки нет, но в условиях лесотундры барий, цинк являются индикаторными в багульнике, бруснике и лишайнике). При этом повышение концентрации для перечисленных элементов связано с повышением их подвижности. Особого внимания заслуживает изменение гидрохимического класса водоема, в который при геологической разведке производился сброс пластовых вод. В лесотундровых условиях это, как правило, с гидрокарбонатного натриевого на хлоридный кальциевый. При этом очень часто в соответствии с составом буровых растворов и шламов [12]. Чрезвычайно важным является размещение особо охраняемых природных территорий (ООПТ) и их охранных зон в пределах разрабатываемых месторождений углеводородного сырья. В Оренбургской области в первую очередь речь идет о размещении памятников природы и создаваемых в настоящее время охранных зон в границах месторождений. При проведении добычи в границах особо охраняемых природных территорий, недропользователи должны использовать наиболее экологически безопасные технологии, рекомендованные государственной экологической экспертизой для конкретного памятника природы [11].

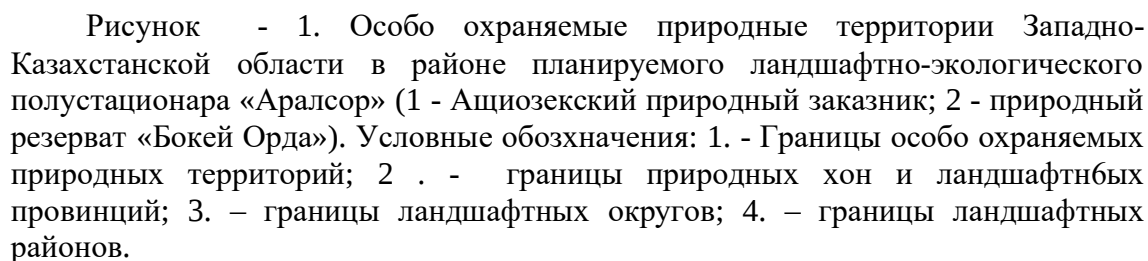


Таблица – 1 - Данные метеоклиматических показателей по метеостанции в п. Хан-Ордасы.

Год/месяц	Июнь 2016	Июнь 2019	Май 2021
Температура, °С	24,2	26,3	21,5
Среднегодовая температура, °С	10,4	10,0	10,9
Осадки, мм	4	20	16
Среднегодовое количество осадков, мм	168	217	350

Заключение

Таким образом, картографирование наземных разливов нефти с помощью свободно доступных спутниковых снимков может стать точным и эффективным средством регулярного мониторинга районов, пострадавших от нефти.

Благодарности

Работа выполнена в рамках ГЗ Института степи УрО РАН (№ ГР АААА-А21- 121011190016-1).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Чибилев А.А., Дебело П.В. Ландшафты Урало-Каспийского региона. – Оренбург Институт степи УрО РАН, Печатный дом «Димур», 2006. – 264 с.
- [2]. Salihu Abba A., Mustaffa N., Hashim S., Alwee R.. Oil spill classification based on satellite image using deep learning techniques. // Baghdad Science Journal. №21, 2024. - pp. 684 - 695.
- [3]. Machiraju J., Mamatha L., Surekha K., Ramani A., Kavitha K. Classification of Satellite Images Using Image Processing Techniques. // Aegaeum Journal. № 9, 2023. - pp.179-183.
- [4]. Hilario P., Cruz R., Vergara D., Sabuito A., Borlongan N. J., Tabardillo J. Monitoring Oil Spill Progression and Oil Spill Volume Using Satellite Images. // ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. V. X, 2023. - pp.1137-1142.
- [5]. Nassar E.T., Ghazouly H., Hosny M., El-Reheim Abd., Farid H., Habrouk E. The Potential of Using Remote Sensing Images for Oil Exploration. // 10th International Conference on The Role Of Engineering Towards A Better Environment. Intelligent Environmental Engineering: From Vision to Action. 2024. - pp. 1-10.
- [6]. Arslan N., Majidi Nezhad M., Heydari A., Astiaso Garcia D., Sylaios G. A Principal Component Analysis Methodology of Oil Spill Detection and Monitoring Using Satellite Remote Sensing Sensors. //Remote Sensing. V.15, 2023. – pp. 1-24.
- [7]. Löw F., Stieglitz K., Diemar O. Terrestrial oil spill mapping using satellite earth observation and machine learning: A case study in South Sudan. //Journal of environmental management. № 298, 2021. – pp.1-13.
- [8]. Колесникова О. Н. Поименные ландшафты районов нефтяных месторождений и пути их оптимизации. // Вопросы географии Сибири / Под редакцией А.А.Земцова, А.Н.Малолетко. Вып. 18. – Томск: Издательство Томского университета, 1989. – С. 80-83.



[9]. Середовских, Б. А. Картографирование исходной загрязнённости компонентов природной среды в границах лицензионных участков нефтедобычи / Б. А. Середовских, Е. В. Трощенко // Вестник Псковского государственного университета. Серия: Естественные и физико-математические науки. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 21-31.

[10]. Васиуллина, А. И. Оценка воздействия сжигания попутного нефтяного газа на таёжные ландшафты по данным анализа значений вегетационного индекса (NDVI) / А. И. Васиуллина, Д. В. Московченко // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2020. – № 1(292). – С. 14-21.

[11]. Окмянская, В. М. Проблемы размещения месторождений в охранных зонах особо охраняемых природных территорий на примере Тюменской области / В. М. Окмянская, О. В. Богданова // International Agricultural Journal. – 2021. – Т. 64, № 5.

[12]. Индикаторы антропогенной нагрузки на природно-территориальные комплексы нефтегазоконденсатных месторождений Ямало-Ненецкого автономного округа / М. Г. Опекунова, А. Ю. Опекунов, С. Ю. Кукушкин, И. Ю. Арестова // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География. – 2007. – № 1. – С. 124-127.

REFERENCES

[1] Chibilev A.A., Debelo P.V. *Landshafty Uralo-Kaspiyskogo regiona* [Landscapes of the Ural-Caspian Region]. – Orenburg: Institut stepi UrO RAN, Pechatnyy dom “Dimur”, 2006. – 264 p.

[2] Salihu Abba A., Mustaffa N., Hashim S., Alwee R. Oil spill classification based on satellite image using deep learning techniques. // *Baghdad Science Journal*. №21, 2024. – pp. 684–695.

[3] Machiraju J., Mamatha L., Surekha K., Ramani A., Kavitha K. Classification of Satellite Images Using Image Processing Techniques. // *Aegaeum Journal*. №9, 2023. – pp. 179–183.

[4] Hilario P., Cruz R., Vergara D., Sabuito A., Borlongan N.J., Tabardillo J. Monitoring Oil Spill Progression and Oil Spill Volume Using Satellite Images. // *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Vol. X, 2023. – pp. 1137–1142.

[5] Nassar E.T., Ghazouly H., Hosny M., El-Reheim Abd., Farid H., Habrouk E. The Potential of Using Remote Sensing Images for Oil Exploration. // *10th International Conference on The Role Of Engineering Towards A Better Environment. Intelligent Environmental Engineering: From Vision to Action*. 2024. – pp. 1–10.

[6] Arslan N., Majidi Nezhad M., Heydari A., Astiaso Garcia D., Sylaios G. A Principal Component Analysis Methodology of Oil Spill Detection and Monitoring Using Satellite Remote Sensing Sensors. // *Remote Sensing*. Vol.15, 2023. – pp. 1–24.

[7] Löw F., Stieglitz K., Diemar O. Terrestrial oil spill mapping using satellite earth observation and machine learning: A case study in South Sudan. // *Journal of Environmental Management*. №298, 2021. – pp. 1–13.



[8] Kolesnikova O.N. *Poimennye landshafty rayonov neftyanykh mestorozhdeniy i puti ikh optimizatsii* [Named landscapes of oil field areas and ways of their optimization]. // *Voprosy geografii Sibiri* [Issues of Geography of Siberia] / Ed. by A.A. Zemtsov, A.N. Maloletko. Vol. 18. – Tomsk: Izdatel'stvo Tomskogo universiteta [Tomsk University Press], 1989. – pp. 80–83.

[9] Seredovskikh B.A., Troshchenko E.V. *Kartografirovaniye iskhodnoy zagryaznennosti komponentov prirodnoy sredy v granitsakh litsenzionnykh uchastkov nefte dobychi* [Mapping of initial contamination of natural environment components within licensed oil production areas]. // *Vestnik Pskovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye i fiziko-matematicheskie nauki* [Bulletin of Pskov State University. Series: Natural and Physical-Mathematical Sciences]. – 2024. – Vol. 17, №2. – pp. 21–31.

[10] Vasiullina A.I., Moskovchenko D.V. *Otsenka vozdeystviya szhiganiya poputnogo neftyanogo gaza na taezhnye landshafty po dannym analiza znacheniy vegetatsionnogo indeksa (NDVI)* [Assessment of the impact of associated petroleum gas flaring on taiga landscapes based on NDVI vegetation index analysis]. // *Zashchita okruzhayushchey sredy v neftegazovom komplekse* [Environmental Protection in the Oil and Gas Industry]. – 2020. – №1(292). – pp. 14–21.

[11] Okmyanskaya V.M., Bogdanova O.V. *Problemy razmeshcheniya mestorozhdeniy v okhrannyykh zonakh osobo okhranyaemykh prirodnnykh territoriy na primere Tyumenskoy oblasti* [Problems of locating deposits in protected zones of specially protected natural areas: the case of the Tyumen Region]. // *International Agricultural Journal*. – 2021. – Vol. 64, №5.

[12] Opekunova M.G., Opekunov A.Yu., Kukushkin S.Yu., Arestova I.Yu. *Indikatory antropogennoy nagruzki na prirodno-territorialnye komplekсы neftegazokondensatnykh mestorozhdeniy Yamalo-Nenetskogo avtonomnogo okruga* [Indicators of anthropogenic load on natural-territorial complexes of oil and gas condensate fields of the Yamalo-Nenets Autonomous District]. // *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Seriya 7. Geologiya. Geografiya* [Bulletin of St. Petersburg University. Series 7. Geology. Geography]. – 2007. – №1. – pp. 124–127.

Петрищев В.П.

**МҰНАЙ-ГАЗ КЕН ОРЫНДАРЫНЫҢ ЛАНДШАФТТАРЫ:
МОРФОЛОГИЯЛЫҚ ҚҰРЫЛЫМЫН ИНДИКАЦИЯЛАУ
ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ**

Аңдатпа. Мақалада мұнай-газ кен орындары аумағындағы ғарыштық суреттерді уақыт бойынша жіктеу әдістемесі және ландшафттың морфологиялық құрылымының трансформациясын анықтау сипатталған. Мұнай-газ кен орындарының ландшафттарының гидрологиялық, геохимиялық, топырақтық және геоботаникалық жағдайын кешенді бағалауға айрықша назар аударылған. Негізгі көңіл спутниктік түсірілімдер деректері бойынша ландшафттардың морфологиялық құрылымын талдауға, соның ішінде мұнай мен шламдардың беткі төгінділерін қадағалауға, сондай-ақ жергілікті жерлер, ұрошыщалар және кіші ұрошыщалар деңгейінде ландшафт элементтері шекараларының



жылжымалылығын бағалауға бөлінген. Мақалада ғарыштық суреттердің бақыланатын және бақыланбайтын классификациялау тәсілдері, радиолокациялық және мультиспектрлік диапазондарды, сондай-ақ деградация аймақтарын анықтау үшін (мысалы, NDVI) индекстерді пайдалану баяндалған. Беткі сулар деңгейінің өзгеруі мұнай өнімдерінің таралуына ықпал ететін гидроморфты ұрошышалар мен жайылмалық аумақтарды кешенді және ұзақ мерзімді талдаудың маңыздылығы көрсетілген. Алынған нәтижелер спутниктік деректер мен далалық зерттеулерді біріктірудің мұнай төгінділерін мониторингілеу және ландшафттық кешендердің жағдайын бағалау үшін тиімділігін дәлелдейді.

Кілт сөздер: Мұнай-газ кен орындарының ландшафттары; ғарыштық түсірілім; ірі контурлылық; ұрошыща; пиксельдер; бақыланатын жіктеу; мұнай төгінділері; бұрғылау ерітінділері; шламдар.

Petrishchev V.P.

LANDSCAPES OF OIL AND GAS FIELDS: FEATURES OF MORPHOLOGICAL STRUCTURE INDICATION

Annotation. The article describes a methodology for classifying satellite images of oil and gas field territories to determine the transformation of the landscape's morphological structure over time. Special attention is given to a comprehensive assessment of the condition of oil and gas field landscapes, including hydrological, geochemical, soil, and geobotanical aspects. The main focus is on analyzing the morphological structure of landscapes using satellite imagery, including the monitoring of surface oil and sludge spills, as well as assessing the mobility of landscape element boundaries at the levels of localities, terrain units, and subunits. The approaches of supervised and unsupervised satellite image classification are described, along with the use of radar and multispectral ranges and indices (such as NDVI) to identify areas of degradation. The significance of comprehensive and long-term analysis of hydromorphic terrain units and floodplain areas, where changes in surface water levels contribute to the spread of petroleum products, is highlighted. The results confirm the effectiveness of integrating satellite data and field studies for monitoring oil spills and assessing the condition of landscape complexes.

Keywords: Oil and gas field landscapes; satellite imagery; large-contour pattern; terrain units; pixels; supervised classification; oil spills; drilling fluids; sludges.