

В.И. Кравцова<sup>1</sup>, Е.Р. Чалова<sup>2</sup>

## ОЦЕНКА ЭВОЛЮЦИИ ЛАНДШАФТОВ САМОТЛОРСКОГО НЕФТЕГАЗОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

### АННОТАЦИЯ

Самотлорское нефтегазовое месторождение в Западной Сибири, одно из крупнейших в мире по запасам нефти, разрабатывается с 1969 г. Природные лесоболотные ландшафты испытывают сильнейший антропогенный пресс в связи с созданием густой сети площадок кустового бурения, соединяющих их дорог с трубопроводами, предприятий по первичной переработке нефти, линий коммуникаций. Деятельность по нефтедобыче и транспортировке нефти при разработке Самотлорского месторождения сопровождается загрязнением территории и деградацией растительности, сокращением площадей лесов. Для выявления динамики природных лесоболотных ландшафтов, проявляющейся в изменении соотношения площадей лесов и болот разных типов, использовано сравнение обзорно-топографической карты м-ба 1: 200 000 1980 г., показывающей распределение лесов, а также проходимых и непроходимых болот, с современными космическими снимками высокого разрешения, по которым отдешифрованы границы лесов и различных видов болот — верховых грядово-мочажинных, грядово-озерково-мочажинных и низинных. Сравнение разновременных материалов выполнено на участке  $7,5 \times 13,5$  км юго-восточной оз. Самотлор. Сопоставление составленных карт 1980 г. и 2019 г. показывает, что площадь лесов здесь сократилась почти втрое; на месте сведенных лесных массивов образовались травянисто-кустарниковые сообщества с небольшими островками остаточных лесов. Среди болот выявлено сокращение площадей низинных болот, их локализация вдоль берегов озер, при расширении площадей верховых болот. На месте непроходимых болот 1980 г. сформировались грядово-озерково-мочажинные комплексы верховых болот, при широком распространении грядово-мочажинных. Показано, что наряду с негативными процессами антропогенного сокращения лесов, загрязнения экосистем и деградации растительности, при разработке месторождения происходит увеличение дренированности территории, сопровождаемое локальным увеличением озелененности, чему дополнительно способствует тенденция к потеплению климата.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** типы болот, леса, нефтеразработки, динамика, космические снимки

---

<sup>1</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, Ленинские горы, д. 1, Москва, Россия, 119991,  
*e-mail:* [valentinamsu@yandex.ru](mailto:valentinamsu@yandex.ru)

<sup>2</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, Ленинские горы, д. 1, Москва, Россия, 119991,  
*e-mail:* [ekar28@yandex.ru](mailto:ekar28@yandex.ru)

Valentina I. Kravtsova<sup>1</sup>, Ekaterina R. Chalova<sup>2</sup>

## ESTIMATION OF LANDSCAPE EVOLUTION OF THE SAMOTLOR OIL-GAS FIELD

### ABSTRACT

The Samotlor oil and gas field in Western Siberia, one of the largest in the world in terms of oil reserves, has been developed since 1969. Natural forest and marsh landscapes are experiencing the strongest anthropogenic pressure due to the creation of a dense network of cluster drilling sites, roads connecting them with pipelines, enterprises for primary oil refining, lines of communication. Oil production and transportation activities during the development of the Samotlor field are accompanied by pollution of the territory and degradation of vegetation, and a reduction in forest areas. To identify the dynamics of natural forest-bog landscapes, which manifests itself in a change in the ratio of forest and swamp areas, we used a comparison of a survey topographic map at a scale of 1: 200 000 in 1980, showing the distribution of forests, as well as passable and impenetrable swamps, with modern high-resolution satellite images, according to which deciphered the boundaries of forests and various types of swamps—raised ridge-hollow, ridge-lake-hollow and lowland. Comparison of materials from different times was carried out on a 7,5×13,5 km site southeast of Lake Samotlor. A comparison of maps compiled in 1980 and 2019 shows that the area of forests here has almost tripled; Herbaceous-shrub communities with small islands of residual forests formed on the site of reduced forest tracts. Among the swamps, a reduction in the areas of lowland fen was revealed, their localization along the shores of lakes, with the expansion of the areas of raised bogs. In place of the impenetrable swamps of 1980, ridge-lake-hollow complexes of raised bogs were formed, with wide distribution of ridge-hollow. It has been shown that, along with the negative processes of anthropogenic deforestation, ecosystem pollution and vegetation degradation, during the development of the deposit there is an increase in the drainage of the territory, accompanied by a local increase in greenery, which is additionally promoted by the tendency to climate warming.

**KEYWORDS:** swamp types, forests, oil development, dynamics, space images

### ВВЕДЕНИЕ

Самотлорское месторождение в Нижневартовском районе Ханты-Мансийского автономного округа, являющееся одним из крупнейших в мире по запасам нефти, расположено в северной части Западно-Сибирской низменности на правом берегу широтного отрезка долины р. Оби, в пределах плоской, заболоченной и заозеренной Сургутской низины. Особенности природы севера Западной Сибири хорошо передает термин «лесоболотная зона» [Орлов, 1968]. Для этой территории характерны среднетаежные ландшафты низменных озерно-аллювиальных равнин с широким развитием верховых сфагновых и низинных мохово-травяных болот. Повышенной гидроморфности лесоболотных ландшафтов способствуют равнинность территории, наличие многолетней мерзлоты и водоупорных горизонтов, избыточность атмосферных осадков и затрудненность поверхностного стока [Исаченко, 1985; Рациональное..., 1989; Астанов и др., 2012].

<sup>1</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, 1, Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russia, e-mail: valentinamsu@yandex.ru

<sup>2</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, 1, Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russia, e-mail: ekar28@yandex.ru

На месторождении, открытом в 1965 г., уже в 1969 г. началась добыча нефти, которая ведется, таким образом, на протяжении 53 лет, и в течение этого периода природные экосистемы региона подвергаются сильнейшему антропогенному прессингу. В процессе воздействия нефтегазодобычи на природные комплексы Западной Сибири выделяют 4 этапа: разведочный, строительный, добывающий и ликвидационный, при хронологическом сосуществовании всех этих этапов [Соромотин, 2010]. Наиболее заметные изменения в природный фон вносит строительный этап обустройства промыслов, включающий сооружение буровых площадок, площадок предприятий по подготовке и переработке нефти, строительство автодорог, трубопроводов, линий электропередач. На этапе добычи эксплуатация созданной инфраструктуры связана с аварийностью и нефтяными разливами в процессе добычи нефти на буровых скважинах и при ее транспортировке по нефтепроводам, при работе станций перекачки нефти, факелов сжигания попутных газов. Срок рентабельности скважин не превышает 20 лет, а уже к 2000 г. здесь было пробурено более 14 000 скважин, большая часть оборудования которых устарела, что обуславливает ежегодное увеличение роста числа аварий [Соромотин, 2010]. В течение 53-летнего срока эксплуатации месторождения темпы освоения территории и нефтедобычи были неравномерными; наиболее интенсивное развитие пришлось на 1980-е гг., для 1990-х характерно снижение добычи, сменившееся в 2000-х гг. новым подъемом дальнейшего освоения месторождения и добычи нефти.

Ханты-Мансийский округ продолжает лидировать не только в России, но и в мире по чрезвычайным техногенным ситуациям, связанным с выбросом нефти и нефтепродуктов. В 1980-е гг. в округе ежегодно фиксировалось 150–250 аварий, в середине 1990-х гг. количество аварий оценивалось в 2300–2500 случаев [Чижев, 1998].

Развитие инфраструктуры месторождения — сети площадок кустового бурения, соединяющих их дорог, транспортных коридоров с линиями электропередач и системами трубопроводов — достаточно хорошо отражаются на космических снимках с ресурсных спутников, которые начали поступать с 1970-х гг. — российских Ресурс-Ф (работавших до середины 1990-х гг. и обеспечивавших многозональные фотоснимки с разрешением 10–12 м) и американских Landsat (с разрешением оптико-электронных снимков, полученных системами MSS — 80 м, TM — 30 м, ETM+, OLI — 15 м) [Книжников и др., 2011] (рис. 1).

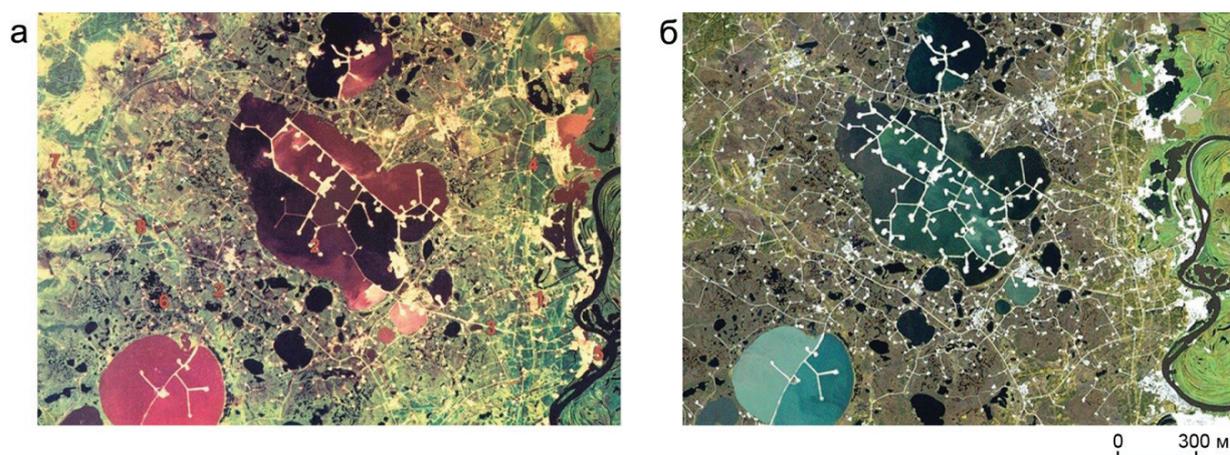


Рис. 1. Нефтедобыча в районе озера Самотлор. Снимки со спутников Ресурс-Ф 1986 г. (а) и Landsat 2002 г. (б)

Fig. 1. Oil production in the area of Lake Samotlor. Images from satellites Resurs-F 1986(a) and Landsat 2002 (б)

Снимки со спутников Ресурс-Ф были положены в основу выполнявшейся в нашей стране программы комплексной картографической инвентаризации природных ресурсов. В рамках этой программы сотрудником Госцентра «Природа» О.И. Котовой была составлена обзорная карта изменений природной среды в районе оз. Сомотлор в связи с нефтедобычей [Котова, 1993; Космические..., 1998], с указанием участков крупных нефтяных разливов, пятен нефтяного загрязнения поверхности, районов подтопления территории. Карта отражает различные виды воздействия на природу при нефтедобыче, но не отвечает на вопрос — как изменяются лесоболотные ландшафты в условиях техногенного прессинга. Сложная задача изучения преобразования ландшафтов, их эволюции под сильнейшим антропогенным воздействием, безусловно, требует тщательных и продолжительных наземных исследований и экспериментов на пробных площадях. Они широко проводятся западно-сибирскими исследователями и отражены в статьях и научных монографиях о воздействии добычи нефти на экосистемы Западной Сибири [Подкошников, Суцень, 1981; Шуйцев, 1982; Московченко, 1998; Чижов, 1998; Москаленко, 2006; Соромотин, 2010]. Однако пространственной картины изменения ландшафтов региона с выходом на картографирование их динамики в этих работах не дается.

Сложность охвата наземными исследованиями значительных по площади территорий побуждает обратиться к материалам дистанционных съемок, а учитывая значительные площади месторождений — прежде всего к космическим снимкам, которые в настоящее время по детальности вышли на уровень субметрового пространственного разрешения, а также использования новых спектральных съемочных диапазонов, расширяющих возможности дешифрирования исследуемых объектов. В связи с этим поставлена задача — оценить современное состояние лесоболотных ландшафтов, распределение и соотношение в них лесных и болотных комплексов разного типа, и на основании сравнения с картографическими материалами прошлых лет выявить изменения в состоянии и распределении лесов и болот, произошедшие под влиянием нефтедобычи. Задача решается на примере одного из районов наиболее сильного воздействия нефтедобычи на природные ландшафты — Сомотлорского месторождения. Как эталонный участок выбраны ландшафты в районе оз. Сомотлор.

### **Район исследования**

Границы исследуемого района определяются наличием снимков сверхвысокого пространственного и спектрального разрешения со спутника WorldView-3, послуживших основным материалом для оценки современного состояния ландшафтов. Изучаемый район площадью 7,5×13,5 км находится в юго-восточной части Сомотлорского месторождения — между юго-восточным берегом оз. Сомотлор на западе и меридиональным отрезком долины р. Вах перед ее впадением в Обь на востоке. Это низменные озерно-аллювиальные и аллювиальные террасы с абсолютными высотами 50–55 м и превышениями над урезом Оби 20–27 м [Астапов и др., 2012]. Толща горизонтально залегающих слоистых мелкозернистых песков и супесей (2–5 м) подстилается водоупорными ленточными глинами [Подкошников, Суцень, 1981]. Наличие водоупорных горизонтов и многолетней мерзлоты при избыточном количестве осадков 600–700 мм приводят к сильной заболоченности местности. Район относится к подзоне средней тайги [Национальный..., 2007]; леса по породному составу сосново-кедрово-березовые [Овечкина, 2016], занимают лишь наиболее дренированные территории в восточной части района вдоль долины р. Вах. Большая часть района, окружающая оз. Сомотлор, занята низинными и верховыми болотами. Для переходной зоны между болотами и лесами характерно сочетание островных участков лесов на микроповышениях рельефа с ложбинами между ними, занятыми травянисто-кустарничковыми сообществами (рис. 2).

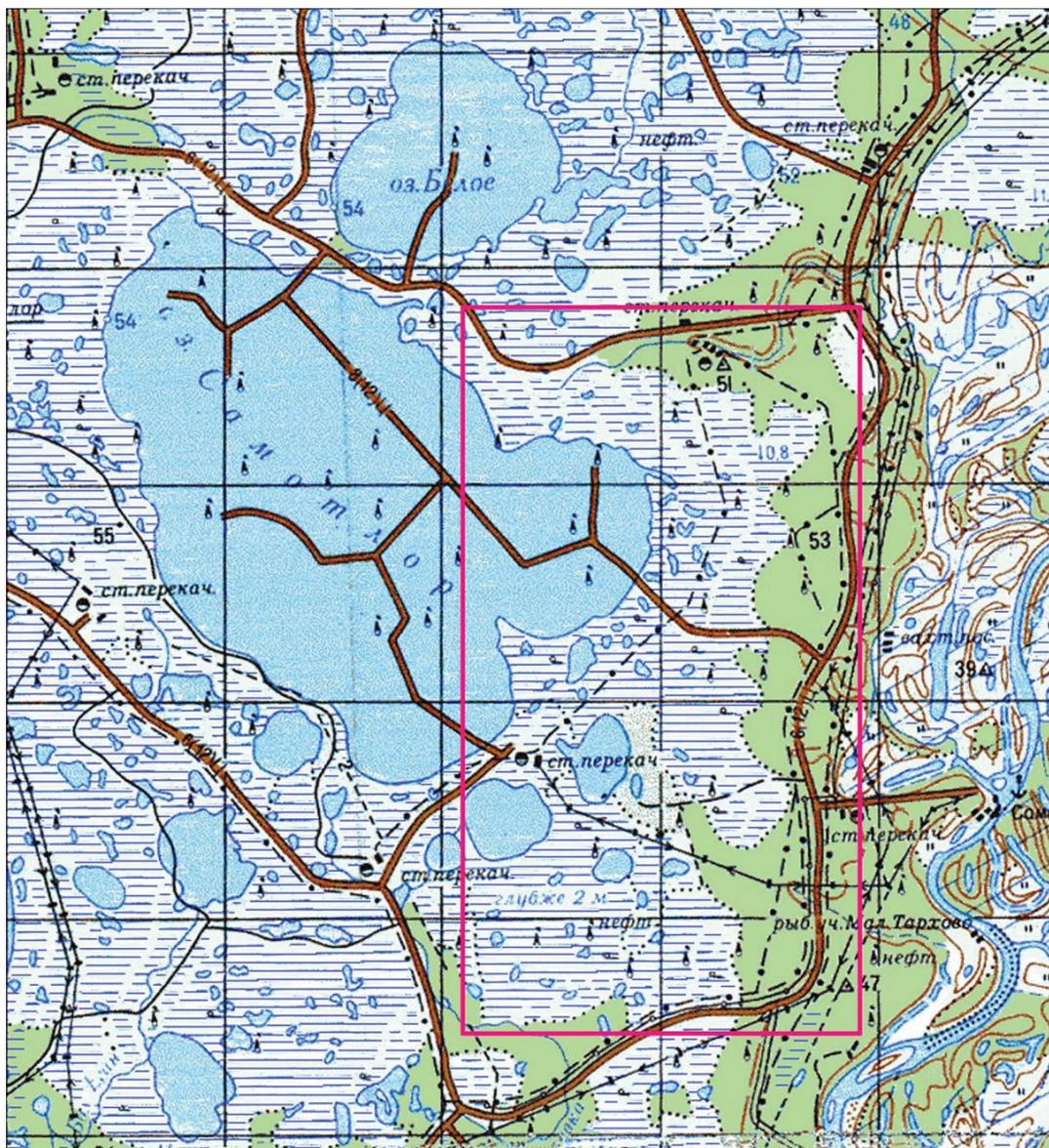


Рис. 2. Фрагмент обзорно-топографической карты м-ба 1: 200 000 1980 г. на район озера Сомотлор. Выделены границы исследуемого района

Fig. 2. A fragment of an observe-topographic map of scale 1: 200 000, 1980 for the area of Lake Samotlor. The boundaries of the study area are highlighted

На всей территории развита густая сеть площадок кустовых нефтескважин, соединенных линиями дорог с тянущимися вдоль них трубопроводами, а также площадок предприятий по подготовке и первичной переработке нефти. Вдоль восточной границы участка проходит автотрасса Нижневартовск – Радужный, восточнее которой протягиваются магистральные нефтегазопроводы. Весь участок в разных направлениях пересекают коридоры трасс линий электропередач и систем трубопроводов.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве основных материалов, характеризующих современное состояние ландшафтов, использованы снимки с запущенного в 2013 г. спутника WorldView-3, ведущего высокодетальную и суперспектральную съемку: в панхроматическом канале с

разрешением 31 см, в 8 каналах видимого и ближнего инфракрасного диапазона с разрешением 1,24 м и 8 каналах среднего инфракрасного диапазона (в англоязычной литературе — коротковолнового SWIR-диапазона) с разрешением 3,7 м (табл. 1).

Табл. 1. Спектральные диапазоны съемки спутника WorldView-3  
Table 1. Spectral imaging ranges of the WorldView-3 satellite

Название диапазона	Длины волн, мкм
<b>Режим VNIR, панхроматический</b>	
<b>Разрешение 31 см</b>	
PAN	0,50–0,90
<b>Режим VNIR, многоспектральный</b>	
<b>Разрешение 1,24 м</b>	
Coastal	0,40–0,45
Blue	0,45–0,51
Green	0,51–0,53
Yellow	0,575–0,625
Red	0,63–0,69
RedEdge	0,705–0,745
NIR-1	0,77–0,895
NIR-2	0,86–1,04
<b>Режим SWIR</b>	
<b>Разрешение 3,7 м</b>	
SWIR-1	1,195–1,225
SWIR-2	1,550–1,590
SWIR-3	1,640–1,680
SWIR-4	1,710–1,750
SWIR-5	2,145–2,185
SWIR-6	2,185–2,225
SWIR-7	2,235–2,285
SWIR-8	2,295–2,365

Эти снимки привлекают внимание исследователей нефтяного загрязнения в связи с тем, что углеводороды имеют спектральный отклик (полосы поглощения) в некоторых зонах SWIR-диапазона [Cloutis, 1989; Horig et al., 2001]. В настоящем исследовании они обеспечили оценку современного состояния ландшафтов, поверхностной структуры различных видов низинных и верховых болот, являющейся показателем степени их дренированности. Заметим, что задача изучения динамики антропогенной инфраструктуры месторождения в данном исследовании не ставилась, изучается лишь динамика природных ландшафтов.

В качестве основного материала, характеризующего природные ландшафты района в начальный период разработки месторождения по истечении первого десятилетия добычи нефти, использована обзорно-топографическая карта м-ба 1: 200 000 издания 1981 г., характеризующая состояние территории на 1980 г. (рис. 2). В ее основу положены материалы аэрофотосъемки, предназначенной для крупномасштабного топографического картографирования. Условными знаками предусмотрен показ границ лесных массивов (без указания породного состава). Для болот предусмотрены разные обозначения проходимых и непроходимых болот с указанием глубины последних, но без четкого разделения их контуров. Также без указания границ распространения дается по болотам знак редколесья. На карте показаны многочисленные элементы инфраструктуры, но в данном исследовании они использовались лишь для привязки природных объектов.

Как правило, при изучении изменений природных или антропогенных ландшафтов, исследователи стремятся использовать однотипные разновременные материалы — карты, созданные в разные годы, либо космические снимки разных лет при дополнительном учете сезона съемки.

В эволюции ландшафтов исследуемого района оказалось важным изменение соотношения площадей и распределения низинных и верховых болот. На современных космических снимках субметрового разрешения болота разных видов разделяются по структуре изображения. Грядово-мочажинные верховые болота надежно выделяются по своеобразной извилисто-полосчатой структуре, хорошо отличаясь от низинных болот с характерной для них аморфной структурой. Разделение этих видов болот по космическим снимкам прошлых лет, характеризующихся более низким разрешением в первые десятки метров, при прямом дешифрировании было бы невозможно, потребовало бы дополнительной обработки снимков — создания индексных изображений либо выполнения автоматизированной классификации на основе полевого эталонирования. В связи с этим в качестве источника сведений о состоянии территории в прошлом мы обратились к топографической карте, разделяющей болота по степени проходимости на проходимые и непроходимые, ассоциируемые с верховыми и низинными.

Для выявления по названным разновременным материалам — топографической карте 1980 г. и космическим снимкам 2019 г. — пространственных изменений ландшафтов составлены две карты (рис. 3).

Мы исходили из того, что показанные на топографической карте особым знаком непроходимые болота, для которых иногда указывается их глубина, несомненно относятся к низинным. Проходимые болота, к тому же сочетающиеся с редколесьем, отнесены к верховым. Границы между ними на топографической карте не показаны, но принятое условными знаками изменение рисунка изображения этих типов болот позволяет провести эти границы. Таким образом составлена первая карта, показывающая распределение в исследуемом районе лесов и болот — низинных и верховых — в 1980 г. (рис. 3а). Леса сосредоточены у восточной границы района, вдоль дренированной долины р. Вах. Но от этой восточной полосы отходят в сторону озера поперечные массивы лесов — один в северной части, охватывающий долину притока Ваха, и другой — в южной части, отходящий к одному из озер, расположенных южнее Самотлора.

В распределении болот, занимающих почти всю территорию участка, главная черта — приуроченность низинных болот к наиболее низкой части приозерной котловины оз. Самотлор; они окаймляют юго-восточный берег и распространяются на юго-восток от озера на 4–5 км, оставляя для верховых болот относительно узкую полосу шириной до 2 км между низинными болотами и лесами.

Вторая карта, характеризующая современное распределение лесных и болотных комплексов (рис. 3б), получена в результате дешифрирования снимка со спутника WorldView-3 2019 г. Использовался цветной снимок, синтезированный из зон видимого, ближнего инфракрасного и среднего инфракрасного диапазона SWIR1-NIR1-RedEdge. Участие среднего инфракрасного диапазона способствовало выявлению нефтезагрязненных территорий. Высокое разрешение снимков видимого и ближнего инфракрасного диапазона (1,24 м) обеспечивало достаточную детальность отображения структуры поверхности, разделение изображения травянистой, кустарничковой и кустарниковой, а также древесной растительности. При дешифрировании мы опирались на материалы полевых исследований других специалистов. Сотрудниками Госцентра «Природа» и Московского университета ранее были проведены экспедиционные работы по исследованию влияния инженерных сооружений, в частности дорог, на растительность болот [Подкошникова, Суценья, 1981]. В их публикациях даны четкие описания

фитоценозов болот разных типов, особенностей их пространственной структуры, которые могут служить в качестве руководства по дешифрированию этих типов болот.

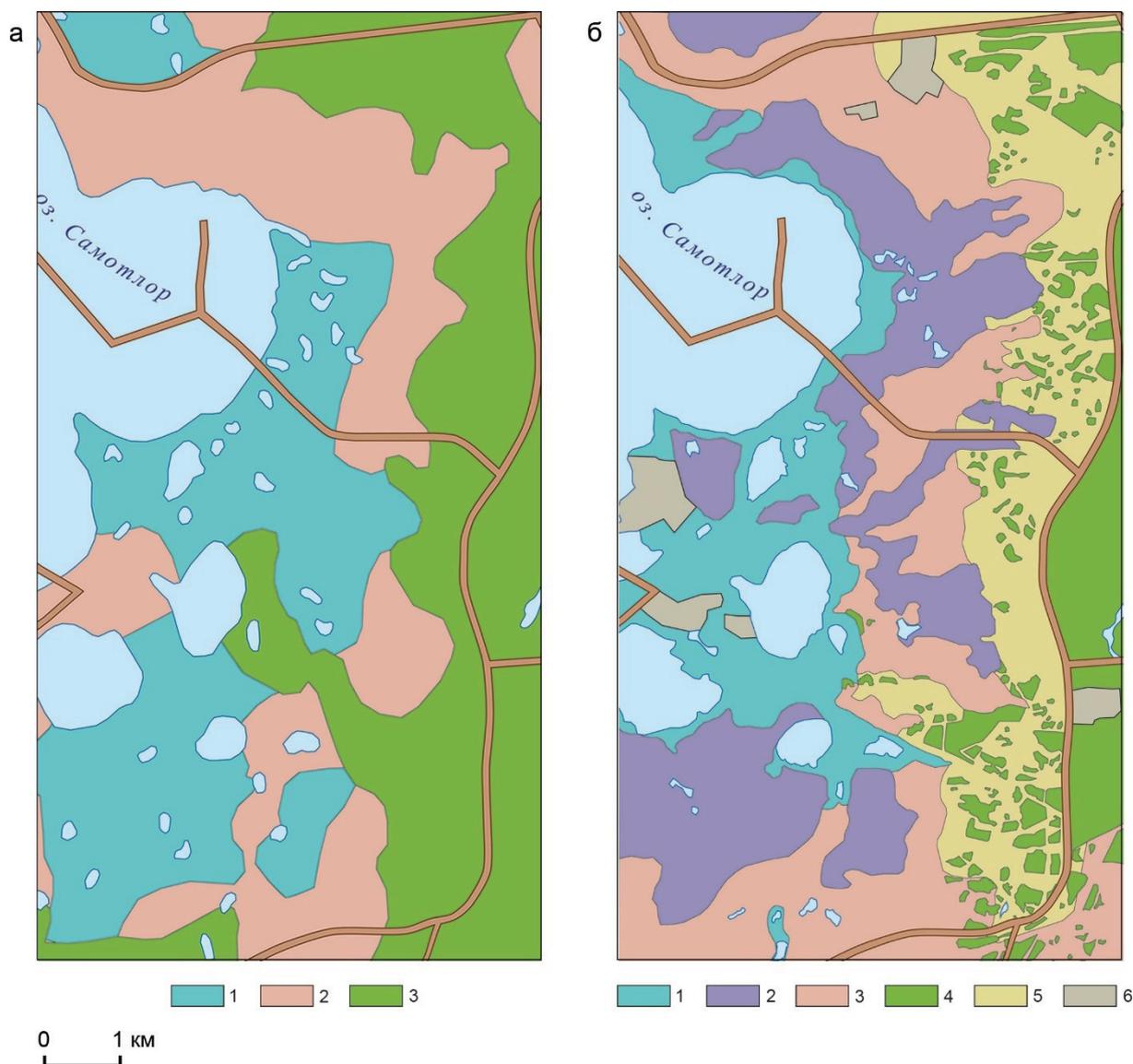


Рис. 3. Распространение лесов и болот в районе озера Сомотлор: а — в 1980 г.: 1 — непроходимые (низинные) болота, 2 — проходимые (верховые) болота, 3 — леса; б — в 2019 г.: 1 — низинные болота, 2 — грядово-озерково-мочажинные верховые болота, 3 — грядово-мочажинные верховые болота, 4 — леса, 5 — травяно-кустарниковые пустоши с островками лесов, 6 — участки предприятий по первичной переработке нефти

Fig. 3. Distribution of forests and swamps in the area of Lake Samotlor: a — in 1980: 1 — impassable (lowland fen) swamps, 2 — passable (raised bog) swamps, 3 — forests; b — in 2019: 1 — lowland fens, 2 — ridge-lake-hollow raised bogs, 3 — ridge-hollow raised bogs, 4 — forests, 5 — short grass-shrub wastelands with insular forests, 6 — areas of primary oil refineries

В исследуемом районе распространены в настоящее время низинные избыточно обводненные мохово-травяные болота и верховые болота двух видов — грядово-озерково-мочажинные и грядово-мочажинные. Фрагменты снимка высокого разрешения с изображением этих видов болот приведены на рисунке 4.

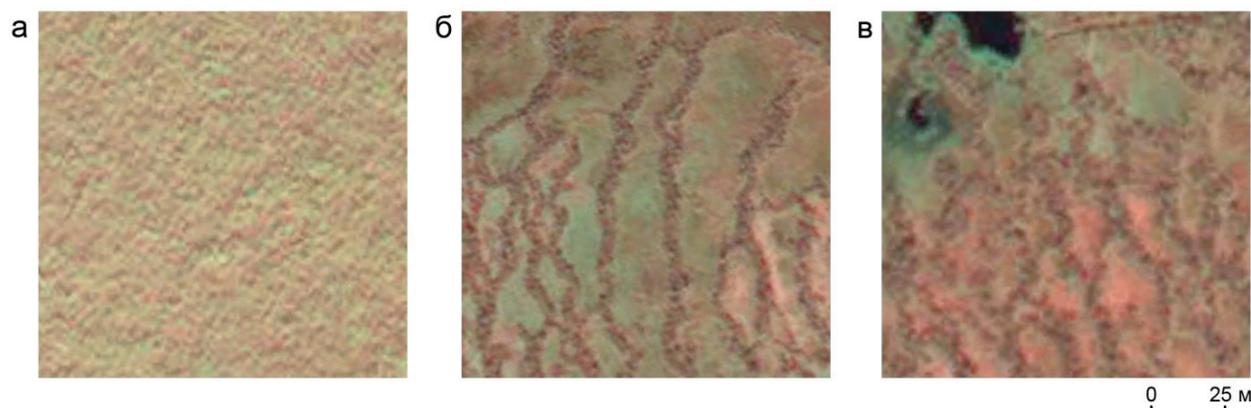


Рис. 4. Изображение болот разного вида на увеличенных фрагментах снимка WorldView-3: а — низинное; б — верховое грядово-мочажинное; в — верховое грядово-озерково-мочажинное

Fig 4. Image of swamps of various types on enlarged fragments of the WorldView-3 picture: a — lowland fen; b — ridge-hollow raised bog; c — ridge-lake-hollow raised bog

Низинные болота характеризуются аморфной структурой изображения на снимках (рис. 4а), тон изображения может изменяться в зависимости от степени обводнения. Из верховых болот наиболее четко выраженной структурой отличается грядово-мочажинный комплекс, охарактеризованный полевыми исследователями [Подкошникова, Суценья, 1981]. Мочажины, в которых преобладает сфагнум и болотные травы, занимают 50–60 % площади, они замкнуты, вытянуты. Размер их обычно не превышает  $30 \times 50$  м, чаще  $10 \times 5$ ,  $20 \times 10$  м. Разделяющие их гряды шириной 3–6 м и высотой 0,5–0,8 м имеют развитый кустарничковый ярус, на них растут единичные сосны высотой 2–3 м с диаметром ствола 3–5 см и сомкнутостью крон 0,1. Светлые, ровного тона мочажины и более темные «шероватые» (с мелкозернистой структурой изображения) гряды образуют на снимке сложный полосчатый извилисто-пятнистый рисунок (рис. 4б), что позволяет выделить площади верховых грядово-мочажинных болот.

Другой вид верховых болот с грядово-озерково-мочажинным комплексом фитоценозов характерен для наиболее плоских участков болотных массивов. По полевым описаниям [Подкошникова, Суценья, 1981] в центре мочажин, менее вытянутых и более округлых, размером  $20 \times 30$  м,  $30$ – $50$  м, переувлажненных и труднопроходимых, располагаются вторичные озера. Гряды занимают 30–50 % площади, ширина их — 1–2 м, длина — 5–10 м, высота — 0,3–0,4 м, микрорельеф — кочковатый. Сложный, менее четкий, чем в предыдущем случае извилисто-пятнистый рисунок изображения (рис. 4в) при сочетании со значительным количеством небольших озер, позволяет выделить площади и этих болот.

Второй информативный компонент рассмотренных ландшафтов — леса на космических снимках высокого разрешения находят достаточно четкое отображение благодаря пятнистой структуре изображения крон деревьев. Снимки показывают также и нарушенность лесных массивов транспортными коридорами с линиями электропередач, трубопроводов и дорог. Но поскольку на 1980 г. информация о такой нарушенности имела лишь в самой общей форме (на уровне отображения ее на обзорно-топографической карте), то изменения в состоянии и фрагментированности лесов за исследуемый период не учитывались, по снимкам фиксировались лишь границы лесных массивов, что показало существенное сокращение их площади (рис. 3).

Между лесными массивами в их современных границах и верховыми болотами, на месте исчезнувших лесов сформировался особый тип природных комплексов, где

небольшие еще сохранившиеся островки лесов сочетаются с обезлесенными участками, занятыми низкорослой травянистой и кустарничковой растительностью с пятнами кустарников. Они отнесены к пустошам, которые в пятиязычном географическом словаре определены как невозделанные пространства, образовавшиеся преимущественно на месте лесов, главным образом после вырубок и пожаров, характерные для районов с холодным и влажным климатом [Котляков, Комарова, 2013].

Близкие по характеру поверхности безлесные территории типа пустошей образовались и на ранее заболоченных участках наиболее интенсивной нефтедобывающей деятельности — в окрестностях станций перекачки нефти, в местах сгущения сети площадок кустового бурения, пересечения транспортных коридоров. В связи с достаточно мелким масштабом представленной карты на ней показаны лишь наиболее крупные участки застройки предприятий по первичной переработке нефти, вклинивающиеся островами среди болотных ландшафтов (рис. 3б).

Кроме отмеченных выше, на современных детальном снимках выявляются многочисленные участки травяно-кустарниковой растительности, появившиеся за эти годы на обваловке кустовых площадок, по откосам автодорог; четко выделяется также древесно-кустарниковая обсадка валов вдоль канала, идущего от Самотлора в сторону долины Ваха. На карте, созданной по результатам дешифрирования снимка, они не показаны в связи с ее мелким масштабом, но общее увеличение позеленения территории в условиях потепления климата может быть учтено, например, при расчетах по снимкам за разные годы вегетационного индекса и сравнении разновременных индексных изображений, как это сделано в ряде исследований для других территорий [Елсаков, 2013; Железный и др., 2022].

Сопоставление карт лесоболотных ландшафтов исследуемого района в 1980 г. и почти через 40 лет позволяет сделать некоторые выводы об их изменениях в процессе длительной нефтедобычи. Все отмеченные при сравнении карт изменения сопоставлены с материалами наземных исследований и наблюдений на пробных площадях, выполнявшихся за эти годы западносибирскими специалистами.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Первое, что бросается в глаза при сравнении карт — значительное сокращение площади лесов. Компактные лесные массивы, занимавшие в пределах исследуемого района в 1980 г. площадь 63 км<sup>2</sup>, распространены теперь лишь вдоль долины Ваха восточнее трассы Нижневартовск – Радужный, а также сохранились в виде островных участков западнее трассы и по долинам двух его притоков в северной и южной частях района, и теперь занимают 24 км<sup>2</sup>, площадь их сократилась почти втрое. Эти лесные массивы сильно фрагментированы широкими (до 100 м) коридорами линий ЛЭП и систем трубопроводов, пересекающими их в разных направлениях, значительными (порядка 1 км<sup>2</sup>) площадями нефтеперерабатывающих предприятий и многочисленными небольшими (1–2 га) площадками кустовых скважин, а также подходящими к ним дорогами с трубопроводами. И хотя изменения в фрагментированности лесов по указанным выше причинам не показаны, следует учитывать, что создание разветвленной сети различных коммуникаций приводит к массовому образованию новых опушек леса, недостаточно устойчивых к ветровому воздействию, способствует увеличению ветровальности [Чижов, 1998].

На остальной прежде залесенной территории сохранились лишь островные участки лесов площадью от 1–5 до 10 га, как правило на микроповышениях рельефа до 0,5 м, разделенные лишенными леса участками с травянисто-кустарничковой и кустарниковой растительностью. Сведение лесов на участках нефтедобычи обусловило формирование таких пустошей.

Одна из причин исчезновения лесов — увеличение площадей вырубок для нужд предприятий нефтедобычи, сопровождающее развитие промышленной инфраструктуры месторождения. К тому же благодаря возможности использования дорожной сети, проложенной для нужд месторождения, активизируется деятельность лесохозяйственных предприятий [Скарятин, Тихомирова, 2012]. Однако есть и другая причина. Анализируя картину гибели лесов региона, исследователи приходят к выводу, что по глубине экологических изменений сильнее механического разрушения растительного покрова оказывается техногенное затопление и подтопление лесопокрываемых площадей в местах перекрытия поверхностного стока насыпями автодорог и буровых площадок [Чижов, 1998].

Континентальность климата и значительное распространение сосняков определяют высокую естественную пожароопасность лесов района. По мере освоения территории под нефтегазодобычу увеличивается вероятность возникновения лесных пожаров [Скарятин, Тихомирова, 2012], что является одним из косвенных последствий воздействия антропогенных факторов. Катастрофическая ситуация сложилась в 1987–1991 гг., в период максимальной рубки лесов и добычи нефти, когда количество возгораний по сравнению с 1970-ми гг. увеличилось в 3,5 р. и составляло 1–2,5 тыс. пожаров в год [Чижов, 1998].

Ко всем этим причинам сокращения площади лесов добавляется роль нефтяного загрязнения поверхности в связи с авариями и утечками на нефтепроводах. Древостой погибает полностью на участке разлива, если нефть сплошь покрывает почву и стоит большую часть года [Московченко, 1998]. Замазученность выше 40 % вызывает полную гибель хвойных пород, а свыше 45 % — и лиственных. Наибольшую устойчивость к нефтяному загрязнению проявляет береза высотой более 0,5 м. Устойчивость растений травяно-кустарничкового яруса ниже, чем древесного, из-за неглубокого проникновения корневой системы. Но по мере деградации нефти происходит восстановление растительности. На аварийных разливах деградационные изменения древостоя обычно заканчиваются в течение 2–3 лет [Чижов, 1998]. Аварии происходят в основном на внутрипромысловых нефтепроводах (плотность аварий на них в 150–200 р. выше, чем на магистральных), а на них преобладают небольшие разливы площадью менее 1 га. Поэтому, учитывая возможности самовосстановления и относительно малые площади повреждений, нефтяные разливы представляют собой лишь дополнительный фактор исчезновения лесов исследуемого района.

В какой мере сокращение площадей лесов сопровождалось изменением их породного состава? В северотаежных лесах района основу составляют 3 породы — сосна, кедр, береза [Овечкина, 2016]. Вырубаются в первую очередь хвойные насаждения. Наибольшую устойчивость к нефтяному загрязнению, как и к другим видам воздействия, проявляет береза [Чижов, 1998]. По этим причинам в оставшихся островных участках лесов преобладает береза, а хвойные породы характерны для сохранившихся в восточной части района лесных массивов. На расчленяющих эти массивы трассах линейных сооружений в восстановлении растительного покрова в первые годы после его нарушений преобладают травы и мхи, позднее заметное участие в нем принимают кустарнички и кустарники, подрост деревьев. Однако прежняя роль лишайников в этих сообществах за исследованный томскими специалистами 33-летний период не восстановилась [Москаленко, 2006].

В занятых болотами средней и западной частях района произошли существенные изменения в распределении болот разных видов. Переувлажненные низинные болота не только окаймляли юго-восточный берег Самотлора, но распространялись далеко на восток и юго-восток, подходя достаточно близко к лесным массивам и оставляя для верховых болот относительно неширокую полосу перед лесами. В современном ландшафте низинные болота четко привязаны к берегам оз. Самотлор и близлежащих малых термокарстовых озер, образуя вокруг них кайму шириной порядка 1 км. Вся остальная территория, вплоть

до ранее залесенных районов, занята верховыми болотами разных видов. Более обводненные грядово-озерково-мочажинные болота образовались в основном на месте непроходимых болот 1980 г. (отнесенных на рис. 3а к низинным), а переходную полосу между ними и сведенными лесами занимают менее увлажненные грядово-мочажинные болота.

В результате работы сравнение карт показывает уменьшение обводненности территории, на месте избыточно обводненных образовались менее гидроморфные комплексы. Такое изменение связано с развитием инфраструктуры месторождения на заболоченных территориях. Создание площадок буровых установок и площадей для предприятий по первичной переработке нефти предусматривает их засыпание песком, повышение уровня, обвалование. К тому же ведет строительство дорог, трасс трубопроводов. Дороги без необходимых водопропускных сооружений увеличивают обводненность по одну сторону от дороги, но уменьшают — по другую, способствуя высыханию болот. Отмечаемый при сравнении карты 1980 г. и современных космических снимков переход от более гидроморфных к менее гидроморфным видам болот связан с формированием в пределах болот дренированных зон — кустовых и промышленных площадок, 20-метровых полос автодорог и 5–15-метровых трасс трубопроводов [Соромотин, 2010]. Все это говорит о том, что при разработке месторождения увеличивается степень дренированности территории — показатель, определяющий динамику лесоболотных ландшафтов [Орлов, 1968]. Таким образом, экологические последствия освоения территорий нефтяных месторождений не всегда могут быть оценены однозначно как отрицательные [Соромотин, 2010]. К положительным изменениям можно отнести также и увеличение озелененности территории в последние десятилетия, о чем было сказано выше — появление зеленых насаждений на откосах дорог, обваловке кустовых площадок, отмелях вдоль дамб, пересекающих оз. Самотлор.

## ВЫВОДЫ

Сравнение карт распределения лесных и болотных комплексов лесоболотных ландшафтов, составленных по картографическим материалам прошлых лет и современным космическим снимкам, показало разнонаправленные тенденции изменения ландшафтов за длительный период эксплуатации месторождения. С одной стороны, это сокращение площади лесов и образование на месте сведенных лесов пустошей — травяно-кустарниковых комплексов, сочетающихся с сохранившимися островными участками лесов. С другой стороны — в болотных массивах произошло уменьшение их обводненности и увеличение дренированности: сократились площади избыточно обводненных низинных болот при их локализации по берегам озер; на месте низинных болот образовались менее обводненные грядово-озерково-мочажинные верховые болота; широко развиты еще менее обводненные грядово-мочажинные верховые болота. Эти изменения свидетельствуют об общем увеличении дренированности территории, что можно рассматривать как некоторое положительное влияние нефтеразработок на состояние ландшафтов, обычно оцениваемое экологами исключительно с позиций нефтяного загрязнения и деградации растительности.

Большое значение изменению дренированности придавал В.И. Орлов, положив степень дренированности территории в основу карты хода развития природы лесоболотной зоны Западной Сибири [Орлов, 1968]. Выявленное изменение степени дренированности в связи с нефтедобывающей деятельностью особенно существенно в условиях западносибирских территорий, учитывая необходимость в проведении одновременно с хозяйственным строительством повсеместной мелиорации болот.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена по теме Госзадания «Развитие методов и технологий картографии, геоинформатики и аэрокосмического зондирования в исследованиях природы и общества». Авторы выражают благодарность Кембриджскому университету за содействие в оснащении космическими снимками.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The work was performed on the topic of the State Assignment “Development of methods and technologies of cartography, geoinformatics and remote sensing in the studies of nature and society”. The authors are grateful to the University of Cambridge for assistance in equipping with satellite images.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Астапов А.П., Брадучан Ю.В., Боровский В.В., Воронин А.С.* и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. М-б 1: 1 000 000 (третье поколение). Серия: Западно-Сибирская. Лист Р-43-Сургут. Объяснительная записка. СПб: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2012. 342 с.

*Елсаков В.В.* Материалы спутниковых съемок в анализе значений хлорофилного индекса тундровых фитоценозов. Исследование Земли из космоса, 2013. № 2. С. 1–11.

*Железный О.М., Тутубалина О.В., Кравцова В.И.* Оценка изменений растительности Норильского промышленного района по дистанционным данным на основе анализа трендов спектральных индексов. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2022. Т. 19. № 1. С. 170–178.

*Исаченко А.Г.* Ландшафты СССР. Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1985. 320 с.

*Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И., Тутубалина О.В.* Аэрокосмические методы географических исследований. М.: Академия, 2011. 416 с.

Космические методы геоэкологии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998. 104 с.

*Котляков В.М., Комарова А.И.* Туризм: природа – культура – путешествия. Пятиязычный словарь. Русский (с краткими дефинициями), английский, французский, испанский, немецкий. М.: Кодекс, 2013. 672 с.

*Котова О.И.* Оценка антропогенного воздействия на природную среду с использованием космических снимков и ГИС: автореф... дис. кан. геогр. наук. М.: 1993. 25 с.

*Москаленко Н.Г.* Антропогенная динамика растительности тундр и таежных зон. Антропогенные изменения экосистем Западно-Сибирской газоносной провинции. Ин-т криосферы Земли, 2006. 357 с. С. 61–96.

*Московченко Д.В.* Нефтегазодобыча и окружающая среда. Эколого-геохимический анализ Тюменской области. Новосибирск: Наука Сибпредприятие РАН, 1998. 112 с.

Национальный атлас России. Т. 2. Природа. Экология. М., 2007. С. 331.

*Овечкина Е.С.* Краткий анализ распределения растительности Нижневартовского района. Актуальные вопросы науки и практики XXI в. Материалы 3-ей Международной научно-практической конф. Нижневартовск 27–30 ноября 2016 г. Нижневартовск: Наука и практика, 2016. С. 110–117.

*Орлов В.И.* Ход развития природы лесоболотной зоны Западной Сибири. Л.: Недра, 1968. 171 с.

*Подкошников С.В., Суцень В.А.* Изменение растительности болот Саяно-Алтая под влиянием инженерных сооружений. Известия АН СССР. Серия географическая, 1981. № 4. С. 47–56.

Рациональное природопользование и охрана природы в СССР. М.: Изд-во Московского университета, 1989. 208 с.

*Скарятин В.Д., Тихомирова О.М.* Использование и обработка данных дистанционного зондирования при изучении нефте- и газоносных районов Западной Сибири. Аэрокосмический мониторинг объектов нефтегазового комплекса. М.: Научный мир, 2012. 558 с. С. 435–441.

*Соромотин А.В.* Воздействие добычи нефти на таежные экосистемы Западной Сибири. Тюмень: Изд-во Тюменского государственного университета, 2010. 320 с.

*Чижов Б.Е.* Лес и нефть Ханты-Мансийского автономного округа. Тюмень: Изд-во Мандрики, 1998. 144 с.

*Шуйцев Ю.К.* Деградация и восстановление растительных сообществ тайги в сфере влияния нефтедобычи. Добыча полезных ископаемых и геохимия природных экосистем. М.: Наука, 1982. С.70–81.

*Cloutis E.A.* Spectral reflectance properties of hydrocarbons: Remote-sensing implications. Science, 1989. V. 245. P. 165–168. DOI: 10.1126/science.245.4914.165.

*Horig B., Kuhn F., Oschutz F., Lehmann F.* HyMap hyperspectral remote sensing to detect hydrocarbons. International Journal of Remote Sensing, 2001. V. 22. P. 1413–1422. DOI: 10.1080/01431160120909.

## REFERENCES

*Astapov A.P., Braduchan Yu.V., Borovskiy V.V., Voronin A.S.* et al. State geological map of the Russian Federation. Scale 1: 1 000 000 (third generation). Series: West Siberian. Sheet P-43-Surgut. Explanatory letter. St. Petersburg: VSEGEI Mapping Factory, 2012. 342 p. (in Russian).

*Chizhov B.E.* Forest and oil of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug. Tyumen: Mandrika Publishing House, 1998. 144 p. (in Russian).

*Cloutis E.A.* Spectral reflectance properties of hydrocarbons: Remote-sensing implications. Science, 1989. V. 245. P. 165–168. DOI: 10.1126/science.245.4914.165.

*Elsakov V.V.* Satellite imagery materials in the analysis of the values of the chlorophyll index of tundra phytocenoses. Atmospheric and Oceanic Physics, 2013. No. 2. P. 1–11 (in Russian).

*Horig B., Kuhn F., Oschutz F., Lehmann F.* HyMap hyperspectral remote sensing to detect hydrocarbons. International Journal of Remote Sensing, 2001. V. 22. P. 1413–1422. DOI: 10.1080/01431160120909.

*Isachenko A.G.* Landscapes of the USSR. Leningrad: Publishing house of Leningrad University, 1985. 320 p. (in Russian).

*Knizhnikov Yu.F., Kravtsova V.I., Tutubalina O.V.* Aerospace methods of geographical research. Moscow: Academy, 2011. 416 p. (in Russian).

*Kotlyakov V.M., Komarova A.I.* Tourism: nature – culture – travel. A five-language dictionary. Russian (with short definitions), English, French, Spanish, German. Moscow: Codex, 2013. 672 p. (in Russian).

*Kotova O.I.* Assessment of anthropogenic impact to the natural environment using satellite images and GIS: Abstract... of PhD (Geogr.) Dissertation. Moscow, 1993. 25 p. (in Russian).

*Moskalenko N.G.* Anthropogenic dynamics of vegetation in the tundra and taiga zones. Anthropogenic changes in the ecosystems of the West Siberian gas-bearing province. Earth Cryosphere Institute, 2006. 357 p. P. 61–96 (in Russian).

*Moskovchenko D.V.* Oil and gas production and the environment. Ecological and geochemical analysis of the Tyumen region. Novosibirsk: Nauka Siberian Enterprise of the Russian Academy of Sciences, 1998. 112 p. (in Russian).

National Atlas of Russia. V. 2. Nature. Ecology. Moscow, 2007. P. 331 (in Russian).

*Orlov V.I.* The course of development of the nature of the forest-bog zone of Western Siberia. Leningrad: Nedra, 1968. 171 p. (in Russian).

*Ovechkina E.S.* A brief analysis of the distribution of vegetation in the Nizhnevartovsk region. Actual questions of science and practice of the XXI century. Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conf. Nizhnevartovsk November 27–30, 2016. Nizhnevartovsk: Science and Practice, 2016. P. 110–117 (in Russian).

*Podkoshnikova S.V., Sushchenya V.A.* Changes in the vegetation of Samotlor swamps under the influence of engineering structures. Izvestia AN SSSR. Seriya geograficheskaya (News of the Academy of Sciences of USSR. Geographical series), 1981. No. 4. P. 47–56 (in Russian).

Rational nature management and nature protection in the USSR. Moscow: Moscow University Press, 1989. 208 p. (in Russian).

*Shuitsev Yu.K.* Degradation and restoration of taiga plant communities in the sphere of influence of oil production. Mining and geochemistry of natural ecosystems. Moscow: Nauka, 1982. P. 70–81 (in Russian).

*Skaryatin V.D., Tikhomirova O.M.* Use and processing of remote sensing data in the study of oil and gas-bearing regions of Western Siberia. Aerospace monitoring of oil and gas facilities. Moscow: Scientific World, 2012. 558 p. P. 435–441 (in Russian).

*Soromotin A.V.* The impact of oil production on the taiga ecosystems of Western Siberia. Tyumen: Publishing House of the Tyumen State University, 2010. 320 p. (in Russian).

Space methods of geocology. Moscow: Moscow University Press, 1998. 104 p. (in Russian).

*Zheleznyy O.M., Tutubalina O.V., Kravtsova V.I.* Estimation of changes in the vegetation of the Norilsk industrial region from remote data based on the analysis of trends in spectral indices. Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space, 2022. V. 19. No. 1. P. 170–178 (in Russian).