

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ТЕРРИТОРИЯХ ДОБЫЧИ НЕФТИ И ГАЗА В ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

*Белоусова В.Н.,
Каргашин П.Е.*

Резюме – Подсчет техногенной нагрузки является основой для экологических оценок состояния окружающей среды на месторождениях углеводородов. В данной работе рассмотрен подход к оценке механической нарушенности территории, в основу положена площадь трансформированных природно-территориальных комплексов. Особое внимание уделено автоматизированному выделению техногенных объектов месторождения по снимкам высокого разрешения, что позволяет минимизировать затраты времени на их визуальное дешифрирование. Рассмотренный подход к автоматизации расчетов показателей техногенной нагрузки позволяет применять данную методику к другим территориям, изменяя лишь некоторые параметры. На основе полученных результатов составлена серия карт техногенной нагрузки на территорию ряда месторождений Иркутской области.

Ключевые слова – автоматизация дешифрирования, нефтегазовое месторождение, техногенная нагрузка, техногенные объекты месторождения.

MAPPING THE TECHNOGENIC LOAD ON THE TERRITORY OF OIL AND GAS FIELDS IN THE IRKUTSK REGION

*Belousova V.N.,
Kargashin P.E.*

Abstract – The calculation of anthropogenic load is the basis for environmental assessments of oil and gas mining. In this paper, we consider the approach to estimate the mechanical disturbance of the territory. The concept of mechanical disturbance is based on the area of transformed natural-territorial complexes. The main attention in the research is devoted to the automated allocation of areas corresponding to the technogenic objects on the space image. It allows to minimize the time wastes on their visual interpretation. The considered approach to automation of calculation of indicators allows to apply this technique to other territories, changing some parameters. There was compiled a series of maps describing the technogenic load on the oil fields in the Irkutsk region. The maps are based on calculated values.

Keywords – automation of interpretation, oil and gas field, technogenic load, technogenic objects.

Введение

Подсчет показателей техногенной нагрузки осуществляется в абсолютных и относительных показателях. В качестве абсолютных показателей чаще всего выступает информация об общей площади нарушенной территории, в качестве относительной – степень нарушенности в процентах, вычисляемая как отношение площади нарушенной терри-

тории к эталонной площади. В данной работе эталонными площадями были приняты природно-территориальные комплексы (далее ПТК) и водоохранные зоны. Использование ПТК обусловлено единством их происхождения, рельефа и почвенно-растительного покрова, а, следовательно, территория в пределах одного ПТК одинаково подвержена влиянию того или иного субъекта воздействия, что повышает объективность последующей оценки. Также в работе уделено внимание оценке техногенной нагрузки в пределах водоохранных зон, так как данные территории являются наиболее уязвимыми [5, 7].

Визуальное дешифрирование техногенных объектов месторождения является надежным способом получения информации об их положении и взаимном размещении, однако данный подход требует достаточно большого количества времени на реализацию. В процессе экспертного визуального дешифрирования антропогенно освоенные территории рассматриваются как множество объектов, а не как один контур нарушенных земель. Специалист выделяет отдельно полигоны (кустовые площадки, скважины и прочие площадные объекты) и линии (дороги и трубопроводы), а также выполняет атрибутирование данных [2, 3]. Автоматизированное выделение техногенных объектов выполняется значительно быстрее и предполагает определение всей площади нарушенных территорий, без подразделения объектов на классы.

Методика

Первым этапом данного исследования являлась автоматизация дешифрирования техногенно нарушенных территорий по снимкам Landsat [8]. Для месторождений, расположенных в лесной зоне характерна высокая контрастность между техногенными и природными объектами, что является хорошей основой для автоматизации выявления пикселей, соответствующих нарушенным территориям.

В основу подхода к решению этой задачи было положено предположение о том, что при работе с отдельными каналами можно воспользоваться правилом трёх сигм, так как распределение яркостей в некоторых диапазонах близко к нормальному. Все значения нормального распределения случайной величины с вероятностью 0,9973 укладываются в интервал (от $\text{mean} - 3\text{std.dev.}$ до $\text{mean} + 3\text{std.dev.}$), где mean — среднее значение, std.dev. — среднее квадратическое отклонение. Экспериментально выявлено, что техногенные объекты во всех каналах видимого диапазона обладают максимальной яркостью, поэтому можно утверждать, что все значения их яркости сосредоточены в правой части гистограммы. В ходе исследования рассматривались каналы, в которых техногенные объекты максимально контрастируют с окружающими объектами, к ним относятся каналы 2 (blue), 3 (green), 4 (red), 7 (SWIR) и 8 (Panchromatic). Для автоматизированного дешифрирования техногенных объектов наилучшим образом подходит 8-й канал (Panchromatic), так как его разрешение в два раза выше, чем у остальных рассматриваемых каналов, и составляет 15 м., что позволяет с довольно хорошей точностью автоматизировано дешифрировать узкие объекты шириной до 30 м., к которым относятся коридоры трубопроводов. Границы площадок добычи и подготовки углеводородов также определяются более четко.

Для реализации алгоритма обработки использовалась библиотека **GDAL** [4], используемая для чтения и записи растровых и векторных пространственных форматов данных. С помощью специальных утилит можно выполнять конвертацию и обработку данных используя интерфейс командной строки. Применение данной библиотеки обусловлено необходимостью обработки большого объема данных в фоновом режиме.

В виду того, что снимки значительно отличаются друг от друга датой и погодными условиями съемки, что значительно влияет на спектральную яркость, невозможно подобрать единую формулу, которая бы обеспечивала оптимальный отбор пикселей,

соответствующих техногенным объектам и нарушенным территориям. Эмпирическим путем было определено, что оптимальной формулой для определения порога яркости для выявления техногенных объектов является $A = \text{mean} + \text{std.dev}$. С помощью данной формулы техногенные объекты, в первом приближении, хорошо выделяются на всех снимках в каналах 4 (red), 7 (SWIR 3), 8 (Panchromatic). Но для того, чтобы улучшить результат для конкретного месторождения, необходимо подобрать порог яркости точнее. Уменьшать значение не имеет смысла, так как это приводит к увеличению числа фиктивных полигонов. Значения, больше, чем $A = \text{mean} + 2\text{std.dev}$ также не подходят, так как в данном случае рисунок техногенных объектов не читается. Следовательно, необходимо искать значение в диапазоне (от $\text{mean} + \text{std.dev}$ до $\text{mean} + 2\text{std.dev}$). Для обработки был создан алгоритм, выполняющий расчет 10-ти значений порогового значения яркости с шагом 0,1 для коэффициента, выделение пикселей, соответствующих заданному условию и преобразование полученных контуров в векторный формат.

Исходными данными для скрипта являются следующие показатели: название месторождения, путь к директории, исходный растр, значение среднего арифметического (mean) и значение среднеквадратичного отклонения (std_dev). Для систематизации результатов в указанной директории данный скрипт создает две папки, одна из которых отводится под хранение векторных данных, а другая под хранение растровых. Имя папки соответствует названию месторождения с суффиксом «_shp» и «_tif» соответственно. Папка не создается в том случае, если в указанной директории уже существует папка с таким же именем. Следующим шагом является расчет предельного значения яркости пикселей. Сначала вводится переменная «k», соответствующая начальному значению коэффициента. В диапазоне (1;12) указанное значение с каждой итерацией увеличивается на 0,1, тем самым обеспечив пересчет предельного значения яркости пикселей в диапазоне (от $\text{mean} + \text{std.dev}$ до $\text{mean} + 2\text{std.dev}$) (см. рис. 1).

```
#расчет предельного значения яркости
k = 0.9
for i in range(1,12):
    k = k + 0.1
    print 'Коэффициент: ' + str(k)
    border_mean = mean + k * std_dev
    print 'Предельное значение яркости пикселей для техногенных ' \
          'объектов по 8 каналу при k = ' + str(k) + ': ' + str(border_mean)
```

Рис. 1. Расчет предельного значения яркости

Отбор пикселей в соответствии с заданным условием производится при помощи функции *gdal_calc.bat*. В качестве условия использовалось следующее выражение « $A > \text{border_mean}$ », где border_mean соответствует предельному значению яркости пикселей. Имя результирующего файла содержит значение коэффициента (k) и значение полученного порога яркости (border_mean) (см. рис. 2).

```
#отбор пикселей
cmd = 'gdal_calc.bat -A ' + input_raster + ' --outfile=' + newpath_tif + \
      'k' + str(k) + '_more' + str(border_mean) + '.tif' + ' --calc="1*(A>' + \
      str(border_mean) + ')" --NoDataValue=0'
print (cmd)
os.system(cmd)
print 'Calculating completed'
```

Рис. 2. Отбор пикселей, значение яркости которых больше порогового

Следующим шагом является векторизация полученных результатов. Для этого используется команда *gdal_polygonize*. Полученные файлы сохраняются в формате *.shp» в заранее подготовленной папке для сохранения векторных файлов.

Данный скрипт позволяет получить 10 shp-файлов с полигонами техногенно нарушенной территории, характеризующихся разной детальностью выборки (см. рис. 3). При дальнейшей экспертной оценке и сопоставлении с исходными снимками выявляется файл, максимально точно отражающий реальную картину и имеющий при этом минимальное количество фиктивных полигонов, к которым могут относиться облака на снимке и открытые участки песчаного грунта. Удаление фиктивных полигонов, соответствующих открытым участкам песчаного грунта (песчаные косы и отмели), необходимо выполнять вручную. Выделить их автоматизировано не представляется возможным, так как площадки для размещения объектов добычи и переработки, а также коридоры коммуникаций отсыпается песчаным грунтом, а значит по спектральным характеристикам идентичны отмелям и песчаным косам в поймах рек.

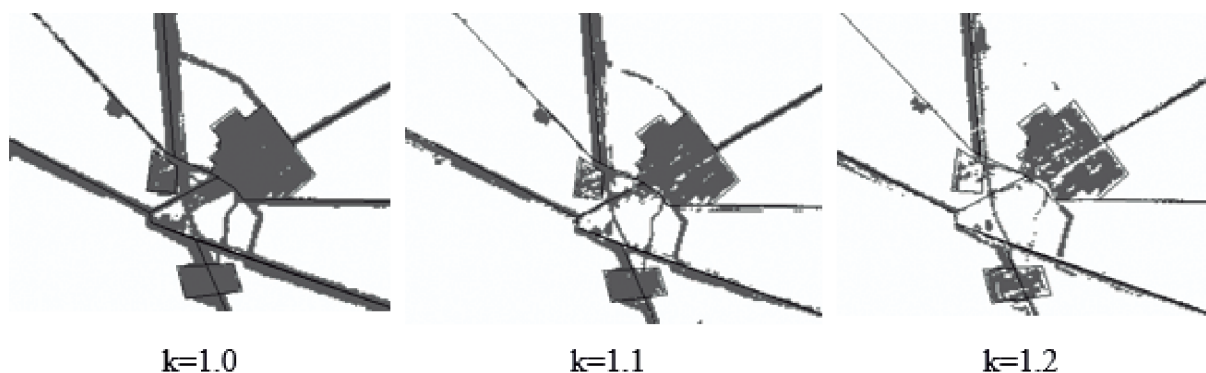


Рис. 3. Результат автоматизированного дешифрирования при различных коэффициентах k в формуле $A = \text{mean} + k \cdot \text{std.dev}$

Еще один аспект обработки снимков, поддающийся автоматизации, связан с обрезкой всех нужных растровых изображений по заданному контуру. Исходными параметрами для скрипта подготовки исходных данных являются следующие показатели: название месторождения, название сцены (н-р., LC81340192014228LGN00), исходный контур границы исследуемого участка, путь к директории со снимками, путь к директории с обработанными снимками. Прежде всего создается папка для сохранения результирующих растров. Имя папки соответствует названию месторождения с приставкой «_scenes». Папка не создается в том случае, если в указанной директории уже существует папка с таким же именем. Далее создается список с именами исходных растров, которые будут подвергнуты обработке. Так как имена файлов снимков меняются, необходимо создать генератор имен растров. Первая часть названия растра остается неизменной для одной сцены (н-р, LC81340192014228LGN00) меняется лишь окончание, которое указывает на номер канала исходного снимка. Необходимо создать счетчик, который будет генерировать номер канала, для этого вводится переменная a , которая увеличивается на единицу в диапазоне от 1 до 12. Из созданного на предыдущем этапе списка по очереди выбирается один растр и с помощью функции *gdalwarp*, обеспечивающей обрезку снимка по заданному контуру с сохранением яркости пикселей исходного снимка, осуществляется его преобразование. Обрезанному снимку присваивается новое имя, содержащее номер канала исходного изображения. Полученные данные сохраняются в заранее отведенную папку.

Следующим этапом исследования являлась автоматизация подсчета техногенной нагрузки. Определение показателей техногенной нагрузки имеет четкую последовательность действий, которую можно реализовать в виде модели геообработки или скрипта. Представленное ниже решение позволяет существенно сократить временные затраты на обработку данных и реализовать принцип возможности выбора основы для оценки, т.е. в качестве эталонных контуров могут выступать разные территориальные единицы (ПТК, участки развития опасных экзогенных процессов, ареалы распространения многолетней мерзлоты и т.д.). Базовым модуль для создания скрипта был выбран *arcpy* программы *ArcGIS*. Входными параметрами являются линии сейсмопрофилей, векторный файл нарушенных территорий, полученный ранее автоматизированным дешифрированием, гидрографическая сеть, контуры ландшафтов. Скрипт состоит из трех блоков, в первом из которых осуществляется вычисление абсолютной площади нарушенной территории в ходе сейсморазведки, во втором блоке происходит построение водоохранных зон, в третьем блоке – подсчет показателей техногенной нагрузки.

На первом шаге выполняется преобразование линейного слоя с сеткой сейсмопрофилей в полигональный. При построении буферной зоны возникает проблема дублирования площадей или перекрытия буферной зоны одной просеки другой.

Такая особенность построения может значительно исказить значения площадей нарушенных территорий. Для того, чтобы избежать этого, необходимо преобразовать набор линий в исходном слое в один линейный объект или набор отрезков. Последовательное применение инструментов *Intersect-Split-Dissolve* с необходимыми настройками позволяет избежать этой ошибки. На основе полученного слоя строится буферная зона, не имеющая перекрытий. Данный слой является искомым слоем нарушенных сейсморазведкой территорий.

В следующем блоке осуществляется построение водоохранных зон рек и озер. Согласно статье 65 Водного Кодекса Российской Федерации выделяют 3 класса рек или ручьев на основании их протяженности от истока до устья. Для каждого из классов установлен свой размер водоохранной зоны (см. таблицу 1). Ширина водоохранной зоны для озер площадью более 0,5 км² составляет 50 метров.

Таблица 1.

Размер водоохранной зоны рек (по Водному Кодексу РФ)

Класс Водотока	Протяженность, км	Ширина водоохранной зоны, м
Малые	менее 10	50
Средние	10–50	100
Крупные	Более 50	200

Построение водоохранной зоны для озер осуществляется с помощью инструмента *Buffer*. Размер водоохранной зоны для озер установлен по умолчанию. Размер водоохранной зоны для рек зависит от их протяженности от истока до устья, поэтому первым шагом в блоке является отбор рек по полю *Shape_Length*. При этом необходимо учитывать реальную протяженность реки, а не протяженность её участка на интересующей территории. Также следует обратить внимание, чтобы водоток представлял собой одну линию от истока до устья, а не отдельные части, так как это может привести к ошибкам при обработке скриптом. Сначала отбираются реки протяженностью до 10 км, для

которых строится буферная зона размером 50 метров, далее выборка очищается и отбираются реки протяженностью от 10 до 50 км, для которых строится буферная зона размером 100 метров и т.д., пока для всех классов водотоков не будут построены водоохранные зоны, которые сохраняются в базу данных в виде отдельных слоев. Но данные слои нельзя использовать для расчетов, т.к. в этом случае так же происходит дублирование площадей (см. рис. 4). Для того, чтобы выявить участки дублирования используется инструмент *Symmetrical Difference*, который позволяет вычислять неперекрывающиеся области входных пространственных данных.

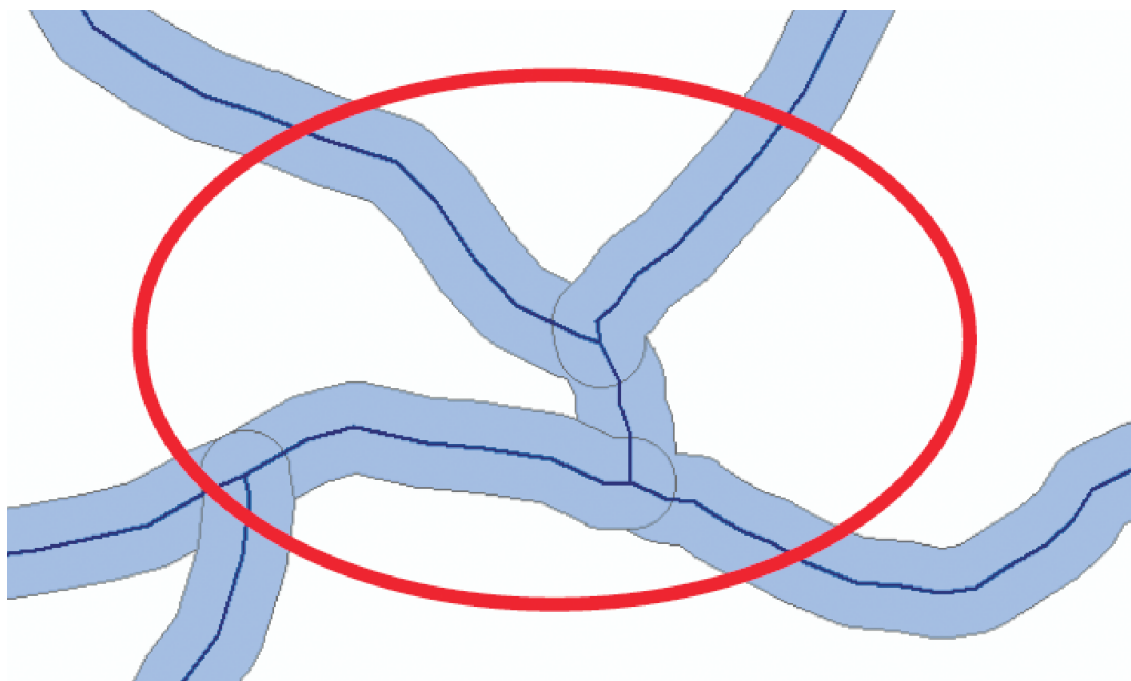


Рис. 4. Дублирование площадей водоохранных зон

Для того, чтобы реализовать данный принцип, необходимо с помощью инструмента *Merge* выполнить слияние всех водоохранных зон в один слой из которого в дальнейшем будет производиться вычитание. Для того, чтобы получить разность, соответствующую водоохранным зонам малых рек, необходимо из полученного ранее слоя вычесть сумму водоохранных зон средних и крупных рек. Для вычисления искомым водоохранных зон средних рек используется сумма водоохранных зон малых и крупных рек. В ходе повторения этой операции результирующие слои не имеют пересечений между собой. Для того, чтобы исключить пересечение внутри одного слоя, используется инструмент *Dissolve*.

В последнем блоке осуществляется подсчет показателей техногенной нагрузки. Прежде всего выявляются зоны пересечения нарушенных территорий (просеки для сейсморазведки и основные техногенные объекты) с водоохранными зонами или природно-территориальными комплексами. Для определения зон пересечений используется инструмент *Intersect*, где результирующий слой имеет полигональный тип.

Следующим шагом является добавление полей в таблицы искомым территориальным единиц, относительно которых выполняется вычисление значений техногенной нагрузки. В таблицы слоя природно-территориальных комплексов и водоохранных зон добавляются поля *Area_Seism*, *Area_Techno*, соответствующие площадям нарушенных территорий на поисковом этапе и на этапе добычи соответственно. Также добавляются

два поля для вычисления степени нарушенности территории. Связь между таблицами искомых территориальных единиц и таблицами вычисленных нарушенных территорий в их пределах осуществляется с помощью инструмента *Add Join*. Далее с помощью инструмента *Field Calculator* осуществляется перенос соответствующих значений в созданные поля и вычисление относительных значений нарушенности. В результате вся необходимая информация о техногенной нагрузке помещается в слой, относительно которого выполнялись расчеты, в данном случае это слой с природно-территориальными комплексами и водоохранными зонами.

Результатом работы скрипта являются следующие слои:

- полигональный слой с территориями, нарушенными в ходе сейсморазведки;
- полигональные слои с водоохранными зонами для малых, средних и крупных рек с атрибутами площади нарушенных территорий в их пределах и степени нарушенности;
- полигональный слой с водоохранной зоной озер с атрибутами площади нарушенных территорий в их пределах и степени нарушенности;
- слой природно-территориальных комплексов с атрибутами площади нарушенных территорий в их пределах и степени нарушенности;

Все вспомогательные слои, полученные в ходе работы скрипта удаляются с помощью инструмента *Delete*.

Результаты

Разработанные скрипты позволяют снизить временные затраты на обработку исходных снимков, а также упростить интерпретацию изображений, выделение техногенных объектов. Один из скриптов позволяет обрабатывать ряд снимков в фоновом режиме, при этом значительно быстрее, чем при использовании инструментов *ArcGIS*. Алгоритм, осуществляющий обрезку растрового изображения по контуру, применим для решения задач, связанных с использованием большого количества изображений, и не требует ручного контроля. После обработки данные будут сохранены в соответствующую папку с указанием в названии файла номера исходного канала снимка. Скрипт, осуществляющий выявление техногенно преобразованных территорий, также позволяет минимизировать затраты труда, выполняя менее чем за 2 минуты подсчет 10-ти значений предельного значения яркости пикселей для техногенных объектов, отбор искомых ячеек раstra и преобразование их в векторный формат. Наличие 10-ти векторных файлов, содержащих выборку, позволяет эксперту выбрать наиболее подходящий файл, максимально точно аппроксимирующий нарушенные территории с минимальным количеством фиктивных полигонов.

Скрипт, осуществляющий подсчет техногенной нагрузки позволяет осуществлять вычисление искомых показателей относительно различных территориальных единиц: вместо ПТК могут быть использованы любые другие полигональные объекты. Особые требования для обеспечения качественной обработки данных предъявляются к слоям водотоков, у которых должно быть поле с указанной реальной длиной водотока, также следует учитывать, что водоток должен быть одной линией от истока до устья. Других ограничений разработанный скрипт не предусматривает.

Разработанная методика была применена при картографировании техногенной нагрузки на территории Ярактинского, Даниловского и Ковыктинского месторождений Иркутской области (см. рис. 5).

Даниловское месторождение. Нарушение ландшафтов на этапе строительства и добычи

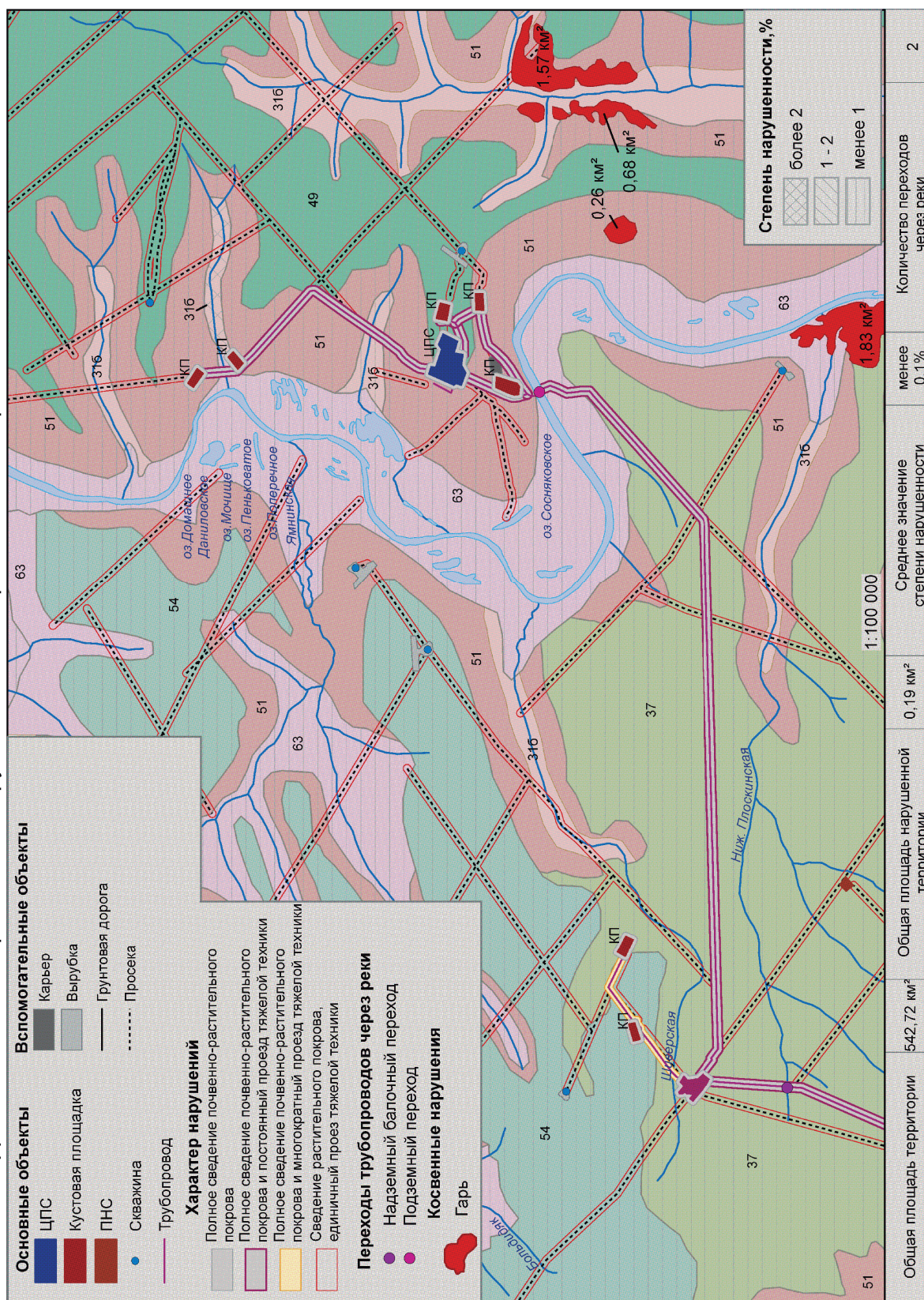


Рис. 5. Уменьшенное изображение карты Даниловского месторождения

Список литературы

- [1] *Исаченко А. Г.* Ландшафтоведение и физико-географическое картографирование. М.: Высш. шк., 1991. 366 с.
- [2] *Каргашин П. Е.* Дешифрирование кустовых площадок месторождения газа по космическим снимкам различного разрешения // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. — 2015. — № 11. — С. 177–182.
- [3] *Каргашин П. Е.* Дешифрирование промышленного освоения территории заполярного месторождения // Национальная ассоциация ученых. Ежемесячный научный журнал. — 2014. — №4. — С. 132–135.
- [4] Руководство по использованию GDAL. [Электронный ресурс], — http://www.gdal.org/gdal_tutorial_ru.html (дата обращения 12.02.17)
- [5] *Соромотин А. В.* Нефтяное загрязнение земель в зоне средней тайги Западной Сибири // Экология и промышленность России. 2004. №8. С. 8–11.
- [6] *Соромотин А. В., Гашев С. Н., Гашева М. Н., Быкова Е. А.* Влияние нефтяного загрязнения на лесные биогеоценозы // Экология нефтегазового комплекса. М., 1989. Вып. 1, ч. 2. С. 180–191.
- [7] *Соромотин А. В.* Воздействие добычи нефти на таежные системы Западной Сибири: монография. Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2010. 320 с.
- [8] Landsat 8 Data Users Handbook [Электронный ресурс], <https://landsat.usgs.gov/landsat-8-l8-data-users-handbook-section-1> (дата обращения 10.11.16)

References

- [1] *Isachenko A. G.* Landshaftovedenie i fiziko-geograficheskoe kartografirovanie. M.: Vyssh. shk., 1991. 366 p.
- [2] *Kargashin P. E.* Deshifirovanie kustovykh ploshhadok mestorozhdeniya gaza po kosmicheskim snimkam razlichnogo razresheniya // Aktualnye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk. — 2015. — № 11. — p. 177–182
- [3] *Kargashin P. E.* Deshifirovanie promyshlennogo osvoeniya territorii Zapolyarnogo mestorozhdeniya // Nacionalnaya associaciya uchenykh. Ezhemesyachnyy nauchnyy zhurnal. — 2014. — №4.- p.132 – 135.
- [4] Rukovodstvo po ispolzovaniyu GDAL. [Elektronnyy resurs], — http://www.gdal.org/gdal_tutorial_ru.html (data obrashheniya 12.02.17)
- [5] *Soromotin A. V.* Neftyanoe zagryaznenie zemel v zone srednej tajgi Zapadnoj Sibiri // Ekologiya i promyshlennost Rossii, 2004. №8. p. 8–11.
- [6] *Soromotin A. V., Gashev S. N., Gasheva M. N., Bykova E. A.* Vliyanie neftyanogo zagryazneniya na lesnye biogeocenozy // Ekologiya neftegazovogo kompleksa. M., 1989. Vol. 1, ch. 2. p. 180–191.
- [7] *Soromotin A. V.* Vozdejstvie dobychi nefti na taezhnye sistemy Zapadnoj Sibiri: monografiya. Tyumen: Izdatelstvo Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta, 2010. 320 p
- [8] Landsat 8 Data Users Handbook [Elektronnyy resurs],-<https://landsat.usgs.gov/landsat-8-l8-data-users-handbook-section-1> (data obrashheniya 10.11.16)

Авторы

Белюсова В. Н. — бакалавр географии по специальности картография и геоинформатика, магистрант 1-го года обучения.

Каргашин П. Е. — доцент кафедры картографии и геоинформатики, кандидат географических наук.

Authors

Belousova V. N. — Bachelor of Geography in the specialty of cartography and geoinformatics, Master of 1-st year.

Kargashin P. E. — Associate Professor of the Department of Cartography and Geoinformatics, Candidate of Geographical Sciences.