

О ПРОВЕДЕНИИ СПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРИМОРСКОГО КРАЯ (НА ПРИМЕРЕ РАЗРЕЗА «ПАВЛОВСКИЙ-2»)

С. Л. Шевырев^{1,2}, Г. А. Анциферова³, М. Ж. Шевырева¹

¹ Дальневосточный Федеральный университет

² Дальневосточный Геологический институт ДВО РАН

³ Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 10 февраля 2015 г.

Аннотация: рассматривается методика спутникового мониторинга горнодобывающих предприятий юга Приморского края на примере бурогоугольного разреза «Павловский-2». По дистанционным данным Landsat проведен ретроспективный анализ состояния разрабатываемых и отработанных карьеров, а также отвалов по трем возрастным срезам (1988, 2001 и 2007 гг.). Делаются выводы о состоянии горных выработок: изменения в площади забоя и отвалов, рекультивации отвалов и обводненности с приведением количественных данных. Приводятся рекомендации по возможностям дальнейшего использования отработанных площадей разреза и оптимизации природопользования.

Ключевые слова: спутниковый мониторинг, дистанционное зондирование, дешифрирование, синтезированные изображения, горнодобывающие предприятия, отвалы, рекультивация.

ON THE SATELLITE MONITORING OF MINING ENTERPRISES OF PRIMOSKY KRAI (ON EXAMPLE OF «PAVLOVSK-2» OPEN PIT)

Abstract: the technique of satellite monitoring of mining companies of Primorsky Krai's south have been considered on the example of coal open pit "Pavlovsky-2." Landsat data of remote retrospective analysis of developed and closed open pits and dumps are considered after three age sections (1988, 2001 and 2007). Conclusions about the state of mining: changes in the area of the face and dumps, dumps recultivation and inundation to bringing the quantitative data. Specific recommendations for the integrated development of the open pit, as well as the optimization of natural resources have been done.

Key words: satellite monitoring, remote sensing, interpretation, synthesized images, mining companies, dumps, recultivation.

Введение

Использование материалов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) для целей мониторинга природных объектов и инженерных сооружений Дальнего Востока России представляет собой перспективное направление в области исследования окружающей среды. Дистанционные материалы являются информативным источником сведений о геологическом строении территории, а также характере, динамике и направленности современных поверхностных процессов [1].

Специализированные спутниковые съемки ресурсного назначения (Terra, Aqua, Landsat и др.) позволяют получать информацию за определенный период времени и с определенным пространственным разрешением. Для проведения ретроспективного мониторинга необходимо произвести подбор и каталогизацию спутниковых данных, а также их обработку с формированием спектральных индексов, отражающих состояние различных компонентов природной среды.

Выбранные методики оценки рекреационных ресурсов позволяют исследовать и выделить наиболее угрожаемые территории, где происходит интенсификация неблагоприятных природных процессов, ландшафты, подвергающиеся деструкции, области сокращения фито- и биоразнообразия, а так же территории повышенной техногенной и антропогенной нагрузки. Развитие методов оценки может представлять рациональную научную основу организации центров ландшафтного и экологического туризма, а также мониторинга и сохранения природных ресурсов.

Актуальность исследования выражается в необходимости интенсификации развития старых горнопромышленных районов Юга Приморского края, чему должны предшествовать установление их современного состояния и мониторинг происходящих изменений.

Объект исследования

Разрез «Павловский-2» расположен в южной части Приморского края в Михайловском районе, в 25 километрах к северу от города Уссурийск (рис. 1) и является значимым для экономики края горнодобывающим предприятием. В 1986 году бурогоугольный разрез «Павловский-2» вышел на проектную мощность в 4,5 млн. т угля в год. Кроме того, в этот период были начаты работы на участке «Спецугли», бурые угли которого обогащены германием [2].

Актуальность исследования выражается в необходимости интенсификации развития старых горнопромышленных районов Юга Приморского края, чему должны предшествовать установление их современного состояния и мониторинг происходящих изменений.

В ходе космического мониторинга выявлялись инфраструктурные особенности горнопромышленного предприятия, а также их изменение по трем возраст-

ным срезам: 1988-й, 2001-й и 2007-й гг. Все снимки относятся к сентябрю месяцу – сезону активной вегетации для исследуемой местности.

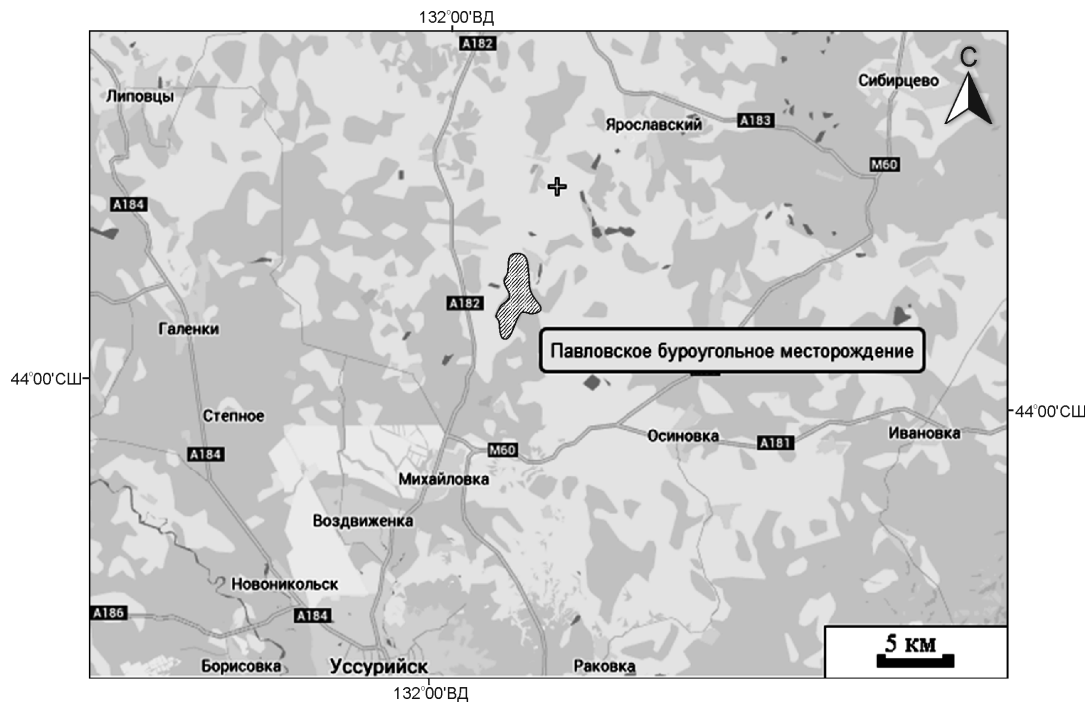


Рис 1. Схема нахождения Павловского буроугольного месторождения.

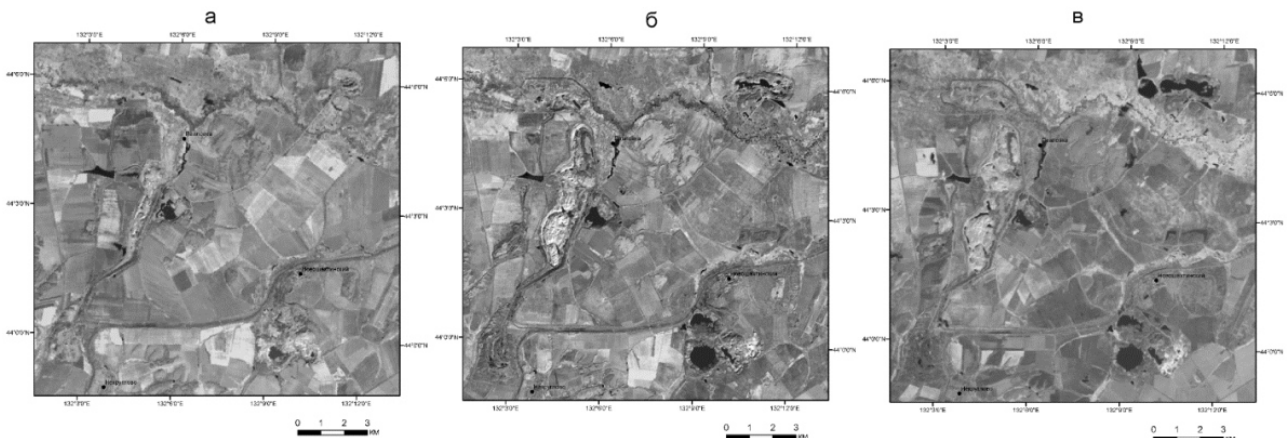


Рис. 2. Изображения Landsat (каналы 7, 4, 2) для Павловского буроугольного месторождения. Годы наблюдений: а – 1988 (дата снимка: 29.09.1988 г.), б – 2001 (дата снимка: 25.09.2001 г.), в – 2007 (дата снимка: 02.09.2007 г.).

Методы и результаты мониторинга

В рамках данного исследования применялись спектрзональные космические снимки Landsat, синтезированные по каналам 7 (дальний инфракрасный), 4 (ближний инфракрасный), 2 (зеленый). Расчет нормализованного индекса растительности (NDVI) также осуществлялся с применением красного (3) и ближнего инфракрасного канала (4).

Использование комбинаций этих каналов позволяет выявить и оценить состояние транспортной инфраструктуры, растительного покрова и сельхозугодий, вести уверенное дешифрирование обнаженных пород и грунтов, а также отвалов. При этом хорошо фиксируется степень зарастания последних. Также данная комбинация каналов позволяет различать водные объекты, контуры береговых линий и вести их учет.

Точная картографическая привязка фактических

материалов в системе координат WGS84 обеспечивает контроль изменений и сравнимость результатов изображений разных лет (рис. 2).

Схема дешифрирования синтезированного (спектрзонального) снимка 1988 года описывает состояние района мониторинга в тот период (рис. 3). Из схемы видно, что горно-вскрышные работы велись в тот период весьма интенсивно, что подчеркивается незначительной относительной площадью дешифрированных заросших отвалов. Формируется дальнейшее хвостохранилище (на юго-западе объекта) (рис. 3, цифра 1), хранилище на значительно отработанной юго-восточной и северо-восточной площадях (рис. 3, цифра 2, 3). В то же время ведутся интенсивные работы на основном разрезе (рис. 3, «ПП2»), а также участке «Спецугли». К этому времени на предприятии уже создана развитая инфраструктура железнодорож-

ных и автодорожных путей, причем первые оконтуривают площади предприятия на западе, предназначенные для отработки.

Обводненность угольных разрезов в 1988 году еще невысока и, в основном, приурочена к юго-восточной части разреза «Павловский-2», а также к площади

южнее пос. Новошахтинский.

Мониторинг состояния объекта продолжается снимком 2001 года. За прошедшие 12 лет площадь территорий, вовлеченных в горнодобывающие работы, увеличилась с 17,41 км² до 18,5 км² (рис. 4). Ощутимо (в 4 раза) увеличивается площадь рекультивиру-

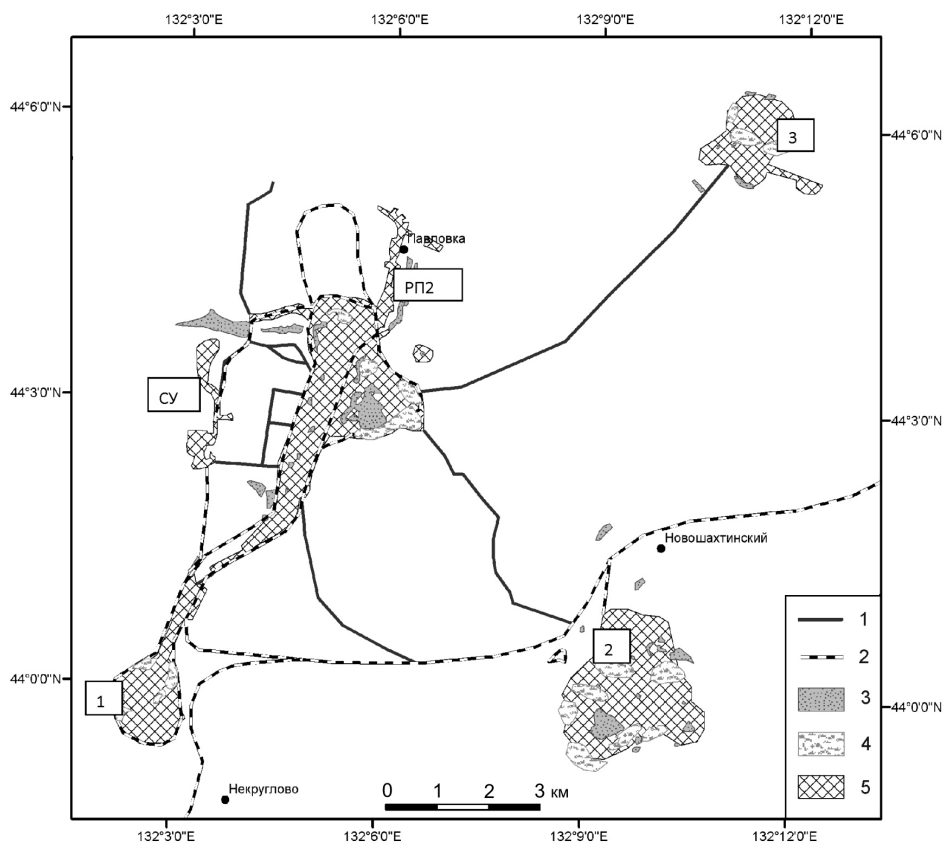


Рис. 3. Схема дешифрирования состояния Павловского бурогоугольного месторождения по данным Landsat 1988 года. Условные обозначения: 1 – автодороги; 2 – железные дороги; 3 – водоемы; 4 – заросшие отвалы; 5 – контуры объектов.

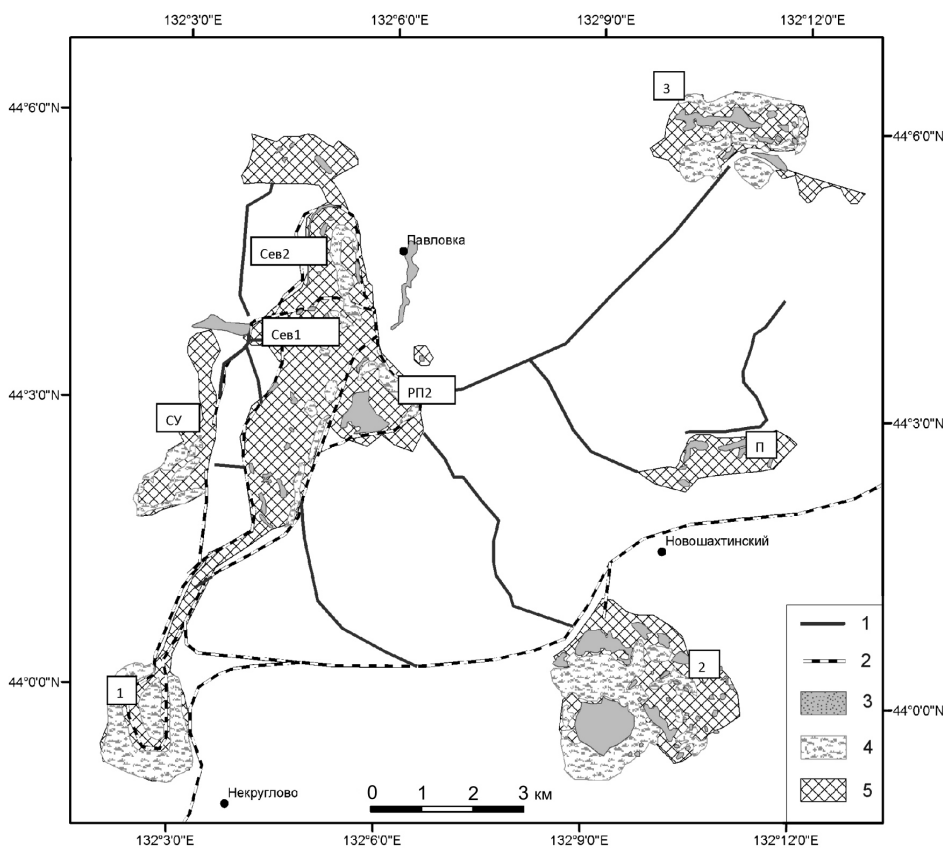


Рис. 4. Схема дешифрирования состояния Павловского бурогоугольного месторождения по данным Landsat 2001 года. Условные обозначения см. рис. 3.

ванных (заросших) отвалов породы, а также подтопленность старых горных выработок. К 2001 году в цикл добывающих работ были вовлечены и уже частично рекультивированы территории к западу и северо-западу от пос. Павловка (см. рис. 4, пометки «Сев1», «Сев2»). Разработка северной площади в пойме р. Абрамовка была связана со строительством водоотводного канала.

В этот период вошел в проектный контур участок «Спецугли» и рекультивировано «южное» хвостохранилище (рис. 4, цифра 1). Открылись добывающие работы на участке «Поисковый» (рис. 4, «П»), в то время, как добывающие работы на юго-восточной и северо-восточной площадях вошли в свою завершающую стадию (рис. 3, цифра 2, 3).

Рекультивируемые выработки естественным образом затопляются атмосферными и грунтовыми водами.

Завершающий снимок в серии относится к 2007 году. По сравнению с предыдущей датой съемок, наблюдается усиление темпов рекультивации отвалов и хвостохранилищ. Основные горные работы ведутся на территории главного бурогоугольного разреза «Павловский-2», который продолжает расширяться в северо-западном направлении (рис. 5, «Сев 2»). Южные хвостохранилища (цифры 1 и 2 на схеме) почти полностью рекультивированы.

Значительных объемов достигает затопление отработанных разрезов, особенно это заметно на старых площадях на западе территории мониторинга. Общая площадь водного зеркала достигла 5,02 км² (по сравнению с 3,87 км² на прошлом снимке).

Проходка горных выработок, особенно открытых, существенным образом влияет на экологическое состояние территории. В бортах разреза смешиваются и дренируются подземные воды, их уровень понижает-

ся, становится возможным осушение прилегающих к горной выработке пахотных и селитебных земель.

Для экспресс-оценки состояния растительности территории широко используются вегетационные индексы. Одним из наиболее часто применяемых индексов является NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), рассчитываемый как отношение ближнего инфракрасного (4) и красного (3) каналов к их сумме [3].

Территория исследований характеризуется наличием травянисто-кустарниковой и луговой типов растительности. На территории также присутствуют сельскохозяйственные угодья и рекультивированные отвалы. Исследованиями установлено, что роль сельскохозяйственной деятельности в качестве формирующей ландшафты снижается, в то время как возрастает площадь рекультивированных территорий. В качестве рекультивации применяются посадки тополя Давида (*Populus davidiana*) – быстрорастущего дерева, не требовательного к качеству и мощности почвенного покрова, иногда одновременно высаживается облепиха крушиновидная, леспедеца двуцветная и лещина разнолистная [4].

По профилю Абрамовка–Новошахтинский анализом NDVI установлены темпы изменения параметров здоровья фитобиомассы территории, прилегающей к Павловскому бурогоугольному разрезу. В период исследований заметны значительные изменения состояния растительного покрова. Это выражается в понижении уровня кривой NDVI по профилю в непосредственной близости к карьеру (рис. 6).

Установлены темпы развития инфраструктуры и рекультивации отвалов разреза «Павловский-2». Составлены схемы дешифрирования и произведены наблюдения изменения площадей природно-техногенных комплексов (рис. 7).

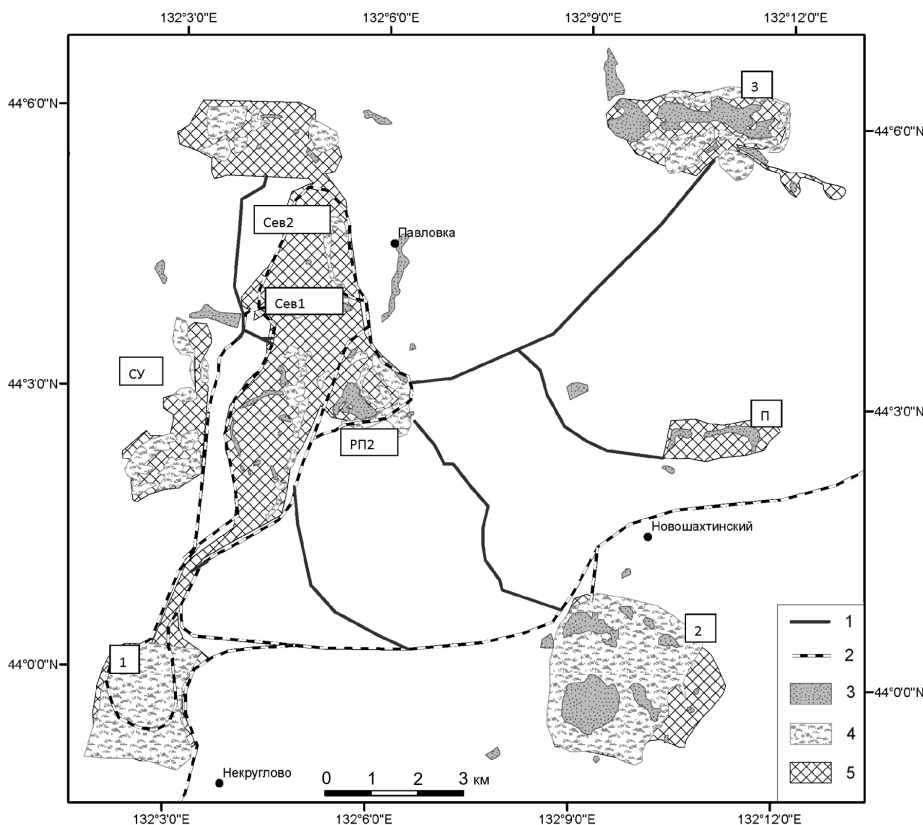


Рис. 5. Схема дешифрирования состояния Павловского бурогоугольного месторождения по данным Landsat 2007 года. Условные обозначения см. рис. 3.

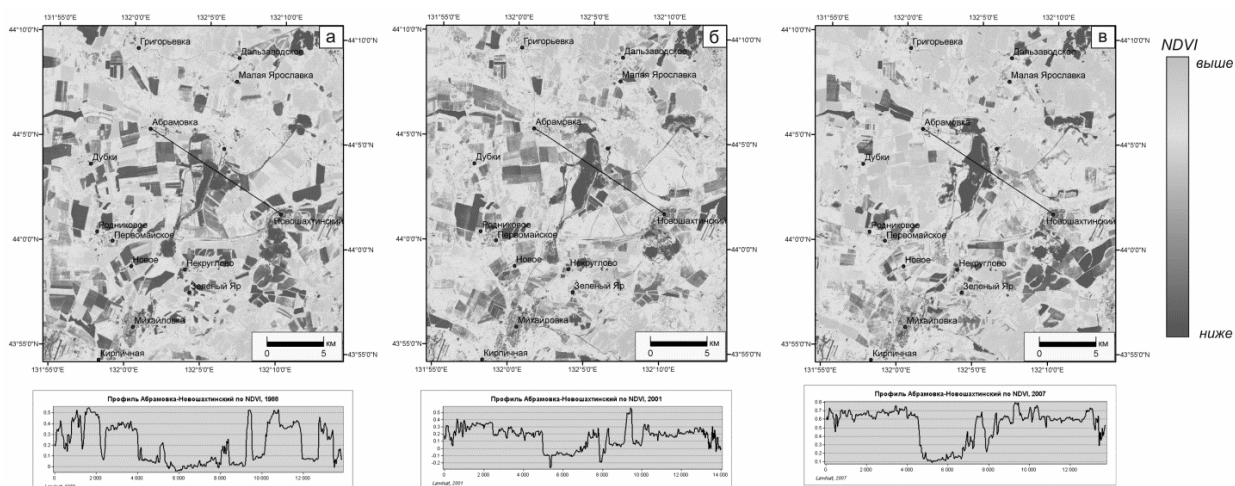


Рис. 6. Карта значений NDVI и профили по линии Абрамовка-Новошахтинский бурогольного разреза «Павловский-2»: а – для снимка 1988 года; б – для 2001 года; в – для 2007 года.

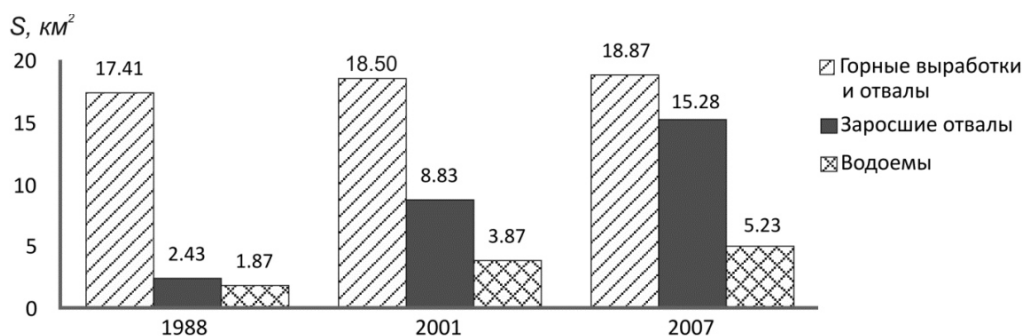


Рис. 7. Динамика площадей (км²), вовлеченных в горнодобывающее производство разреза «Павловский-2», по материалам дешифрирования КФС Landsat.

Выводы

В ходе исследований установлено, что проведение горнодобывающих работ в районе пос. Павловка вывело значительные территории сельскохозяйственных и селитебных земель из оборота. Существенные площади (до 15,3 км²) при этом оказались заняты отвалами бурогольного разреза, содержащими, в том числе разубоженные бурые угли.

В результате разведки и эксплуатации Павловского бурогольного месторождения, территория Михайловского района Приморского края подверглась сильному техногенному воздействию – пройдены и заброшены открытые горные выработки, в ходе рекультивации сформированы новые растительные сообщества, подверглись изменениям водоносные горизонты, появились новые техногенные водоемы в затопленных разрезах. В соответствии с вступающим в силу Федеральным законом от 29.12.2014 № 473-ФЗ «О территориях опережающего социально-экономического развития в Российской Федерации», Михайловский муниципальный район принимает статус территории опережающего развития (ТОР) [5].

Проведенное исследование позволило сделать рекомендации по дальнейшему развитию Михайловского муниципального района с учетом специфики размещения на его территории старых горнорудных предприятий:

- отвалы бурогольного разреза должны рассматриваться с учетом их металлоносности в качестве вторичного сырья. В комплексе с полевым маршрут-

ным опробованием дистанционный мониторинг может служить для оценки состояния (степень разубоживания углей) и подсчета прогнозных ресурсов (германий);

- по факту выявления экологического состояния техногенных водоемов можно будет сделать заключение к использованию отработанных карьеров в рекреационных или рыбохозяйственных целях, для экстремального туризма;

- в Приморском крае возможно перенимание успешного опыта строительства гоночных стадионов в заброшенных карьерах, по опыту карьера Белый Колодец в Воронежской области, используемого с 2003 года в качестве официального места проведения гоночных соревнований Всероссийского масштаба [6].

Достижение благоприятного инвестиционного климата и экономического благополучия ТОР возможно лишь при комплексном освоении и использовании природных ресурсов и существующей инфраструктуры территорий. Положение ТОР «Михайловский муниципальный район» на юге Приморского края и стратегическая близость к Владивостоку и международному аэропорту Кневичи предопределило интенсификацию его экономической и природопользовательской деятельности. Дистанционный космический мониторинг территорий может и должен служить целям оптимизации затрат и выбору приоритетных направлений социально-экономического развития.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Шевырев, С. Л.* Выявление инфраструктурных элементов рудно-магматических систем Приморья по материалам космического зондирования / С. Л. Шевырев, В. Г. Хомич // Воронеж: Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2012. – № 1. – С.118–128.
2. Павловское месторождение. Спецугли, участок [Электронный ресурс]: Nedradv.Ru. URL:http://nedradv.ru/mineral/places/mineral-objinfo.cfm?id_obj=f2f5e2370b07304ef3b5b8e49147e514 (Дата обращения: 19.01.2014).
3. *Tucker, C. J.* Red and Photographic Infrared Linear Combinations for Monitoring Vegetation / C. J. Tucker // Remote Sensing of Environment, 2009. – № 8(2). – P. 127–150.
4. *Родаева, В. В.* Рекультивационные посадки тополя давидана (*Populus davidiana*) на отвалах Лузановского участка павловского бурогоугольного месторождения / В. В. Родаева, А. Н. Белов // Бюлл. Бот. сада-института ДВО РАН, 2007. – № 1 (1). – С. 94–95.
5. Федеральный закон от 29.12.2014 N 473-ФЗ "О территориях опережающего социально-экономического развития в Российской Федерации" (29 декабря 2014 г.) [Электронный ресурс]: КонсультантПлюс. URL:http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_172962 (дата обращения: 02.03.2015).
6. Белый Колодец [Электронный ресурс]: Лучшее в Воронежской области. URL: <http://posmotri-vrn.ru/places/9> (дата обращения: 2.03.2015).

*Дальневосточный Федеральный Университет, Владивосток
Дальневосточный геологический институт (ДВГИ ДВО
РАН), Владивосток*

*Шевырев С. Л., к.г.-м.н., доцент ДВФУ, научный сотрудник
ДВГИ ДВО РАН.
E-mail: shevirev@mail.ru*

*Шевырева М. Ж., бакалавр Школы Экономики и менеджмента,
лаборант кафедры геологии, геофизики и геоэкологии
Инженерной школы ДВФУ.
E-mail: xmxmj@mail.ru*

Воронежский государственный университет

*Анциферова Г. А., доктор географических наук, профессор
кафедры природопользования факультета географии, геоэкологии
и туризма
E-mail: g_antsiferova@mail.ru*

*Far Eastern Federal University (FEFU), Vladivostok
Far East Geological Institute (FEGI), Vladivostok*

*Shevirev S. L., PhD, associate professor of FEFU, researcher of
FEGI
E-mail: shevirev@mail.ru*

*Shevyreva M. Z., Bachelor's School of Economics and Management,
laboratory assistant of the Department of Geology, Geophysics
and Environmental Geoscience Engineering School of the FEFU
E-mail: xmxmj@mail.ru*

Voronezh State University

*Anciferova G. A., Doctor of Geographical Sciences, Professor
of the Department of natural resources management, faculty of
Geography, Geoecology and Tourism
E-mail: g_antsiferova@mail.ru*