



УДК 911. 2:574.47(571.513)  
DOI <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2020.31.3>

## **Анализ динамики разработки Бейского угольного месторождения в Койбальской степи (Республика Хакасия) с применением дистанционных методов исследования**

И. В. Балязин

*Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск, Россия*

**Аннотация.** Для проведения исследований изменения и трансформации ландшафтного облика Койбальской степи требуется детальное рассмотрение процесса освоения горно-промышленных разработок в угольной промышленности. Обосновывается целесообразность применения в указанных целях методов дистанционного зондирования Земли. Приводятся результаты анализа динамики разработки Бейского угольного месторождения. Отмечается влияние расширения площадей, вовлекаемых в разработку добычи угля, и активизации освоения новых разрезов на экологическую обстановку природных территорий, прилегающих к карьерным разработкам. Приводятся данные мониторинга за состоянием авифауны, подтверждающие необходимость усиления мер по минимизации негативного воздействия, вызванного развитием угледобывающей отрасли, на окружающую среду. Указывается на важность разработки решений по сохранению уникальных объектов природы Койбальской степи.

**Ключевые слова** угледобывающая промышленность, особо охраняемые территории, дистанционные методы исследования.

**Для цитирования:** Балязин И. В. Анализ динамики разработки Бейского угольного месторождения в Койбальской степи (Республика Хакасия) с применением дистанционных методов исследования // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2020. Т. 31. С. 3–15. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2020.31.3>

### **Введение**

В России добыча каменного угля осуществляется двумя основными способами – подземным и открытым. Объем угледобычи открытым способом в нашей стране за период с 2000 по 2014 г. возросла со 167 до 253,9 млн т. В Республике Хакасия (включая добычу на Восточно-Бейском разрезе) объем увеличился с 8 до 18 млн т. [Анализ и перспективы ... , 2019]. Карьерным методом добывается 65 % от общего объема угля, и доля угля, извлекаемого этим способом, демонстрирует тенденцию к росту.

Минусинский угольный бассейн, расположенный на территории Хакасии, приурочен к Южно-Минусинской депрессии – прогибу межгорного типа и представляет собой ряд синклиналей и мульд, чередующихся с поднятиями. Угленосная формация карбонового возраста включает хакасскую и аршановскую серии угленосных осадков, разделенных безугольной свитой.

Мощность формации изменяется от 500–600 до 1800 м, ней насчитывается до 80 пластов углей марок Д (длиннопламенный) и Г (газовый), коэффициент угленосности 1–7 %. Угленосные отложения имеют пологоволнистое залегание, осложненное редкими разрывными нарушениями небольшой амплитуды в центральной части бассейна и разноамплитудными – на окраинах [Угольная база России, 2002].

### **Материалы и методы**

Применение географических информационных систем (ГИС) позволяет оперативно решать обширный круг задач: городского планирования, природоохранных мероприятий, разведки полезных ископаемых, коммунального и коммерческого секторов [Rhind, 1991; Jones, 1997]. При составлении картосхем соблюдается следующий порядок. Производится сбор всех доступных картографических данных: ландшафтных и тематических карт, в том числе растительности и распространения почв, и разновременных космических снимков. Следующим этапом становится обобщение материалов и анализ тематического содержания. В дальнейшем осуществляется выработка моделей современного состояния степных геосистем с переводом картографических источников и материалов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в векторную форму (оцифровка) в единой проекции с точной географической привязкой. Применение ГИС-технологий позволяет объединить на картографической основе все имеющиеся материалы, при этом создается общая база данных (включающая картографическую и статистическую информацию), проводятся необходимые картографические построения современных и реконструированных границ естественных и нарушенных геосистем. Также систематизируются материалы исследований на местности с описанием состава растительности, уточнением ландшафтных выделов. Далее выполняется морфометрический анализ рельефа на основе производных карт и цифровой модели рельефа, выявляются различные типы ландшафта при сопоставлении тематических и разновременных слоев в ГИС. И на последнем этапе определяются динамические аспекты изменения компонентов естественных и антропогенно нарушенных геосистем.

При геоинформационном картографировании используются различные источники: картографические, статистические и аэрокосмические данные. Аэрокосмические методы позволяют проводить инвентаризацию различного рода территориальных систем, давать оценку их состояния, изучать динамику, составлять географический прогноз. Р. Шовенгердт [Schowengerdt, 2010] дает определение дистанционному зондированию как методу измерения свойств объектов на земной поверхности с использованием данных, полученных с помощью летательных аппаратов и искусственных спутников Земли. Данный метод позволяет осуществлять измерения характеристик по местоположению объекта на расстоянии. При интерпретации (дешифрировании) космических снимков применяются два подхода – пространственный и функциональный. Основная задача пространственного, или традиционного, подхода заключается в изучении пространственных взаимосвязей различных объектов исследуемой территории с дальнейшим нанесением их на кар-

ту [Richards, 2013]. Анализ дистанционного зондирования включает следующие этапы: предварительная обработка изображений; выбор информационных элементов, таких как сегменты, углы, границы и т. д. (алгоритмы сегментации являются одними из наиболее используемых на этом этапе, поскольку они позволяют решать широкий спектр задач анализа); описание информационных элементов; классификация описаний. На последнем этапе можно применять классические методы классификации (в первую очередь иерархический) и кластеризации (кластерный анализ – один из методов многомерной статистики, наиболее ярко отражающий черты многомерности в процедуре классификации объектов). Важной особенностью анализа данных дистанционного зондирования является значительный размер изображения, а также связанный анализ изображений в соответствии с широким спектральным диапазоном [Porovich, 2108].

Применение методов дистанционного зондирования к конкретным проблемам, в том числе географическим, требует знаний и навыков, полученных из нескольких областей науки. Для продуктивного использования информации данных дистанционного зондирования, которые по своей сути являются цифровыми, необходима определенная степень математического и статистического опыта, т. е. требуется высокий уровень компетентности в смежных областях [Jiang, 2001; Mather, 2004]. Разномасштабные топографические карты в наиболее удобном формате лучше всего представлены в программе SAS Planet, с помощью которой можно получать готовые изображения (любых смежных территорий, любого масштаба), с привязкой к MapInfo. При компьютерном анализе и обработке снимков в графическом редакторе MapInfo выделяются контуры ландшафтных выделов. В дальнейшем проводятся систематизация по основным группам фаций (например, разнотравно-злаковой степи, каменистых степей и т. д.) и классификация по различным свойствам представленных объектов, что становится основой для тематического картографирования [Jensen, 2000].

При недостатке информации, связанном с низким разрешением и невозможностью натурной сверки на местности (при систематизации ретроспективных данных), в редактор подгружались растровые картосхемы, а также использовались результаты многолетних наблюдений исследуемой территории. Применение второго подхода определяется различными свойствами представленных данных, так называемых спектральных параметров, при анализе которых мы получаем набор объектов с разными свойствами. По этим свойствам устанавливается тип растительности или вид хозяйственной деятельности, а при дополнении результатов первого подхода получаем пространственную модель рассматриваемого района. Это позволяет выполнить пространственную и сравнительную оценку распределения различных форм рельефа, компонентов растительного покрова (например, распределения деревьев искусственных лесонасаждений), некоторых почв (например, солончаков в области пересыхающих временных водоемов), а также нарушенных антропогенной деятельностью ландшафтов (карьеров, искусственных оросительных каналов и т. п.). Хронологический ряд снимков Landsat, а также других спутников (Aster, OrbView3 и т. д.) доступны на

ресурсах USGSGloVis, позволяющих получить дополнительную информацию с точными датами и другими необходимыми сведениями [https://glovis.usgs.gov]. В итоге была построена картографическая модель с отображением ретроспективного и современного состояния степных геосистем Койбальской степи.

### Результаты и их обсуждение

Добыча угля открытым способом для Койбальской степи – достаточно новое направление угледобывающей отрасли Республики Хакасия, однако история, предшествующая развитию данного способа здесь, насчитывает несколько веков (табл.).

Таблица

История освоения Бейского каменноугольного бассейна

	Этапы разведки/ освоения	Хронология	Особенности
1	Описательный	Конец XVII в.	Впервые П. С. Паллас отмечает Изыхское угольное месторождение вдоль береговой линии р. Абакан [Паллас, 1778]
2	Картографический	Начало XX в.	Горным департаментом Российской империи (В. С. Реутовским) составлена Геологическая карта Сибири [1905]. Первые шахтные разработки начались на Изыхском и Черногорском месторождениях (с 1904 г.)
3	Оценочный	20-е гг. XX в.	Г. А. Ивановым была выполнена детальная геологическая съемка, выделены Черногорское, Бейское и Изыхское угольные месторождения. В. И. Яворским разведано одно из самых крупных месторождений в России – Бейское каменноугольное месторождение. Общие запасы угля энергетических марок – 4,3 млрд т [Угольная база России, 2002]
4	Расчетный (детальная разведка)	1950–1953 гг.	Геолого-разведочные работы на Бейском месторождении начали проводиться трестом «Востсибуглегеология», но были приостановлены из-за неблагоприятных транспортных условий. На месторождении выделено 7 участков, пригодных для разработки открытым способом: Аршановский I, Западный, Аршановский II, Майрыхский, Кирбинский, Чалпан и Центральный
5	Промышленный	с 1993 г.	Начало промышленного освоения участка Чалпан Бейского месторождения

Руководство республики намерено развивать Бейскую угольную группу с целью реализации планов наращивания объема добычи угля до 25 млн т в год. В настоящее время на территории Бейского месторождения ведется добыча открытым способом на трех участках (Восточно-Бейский, Аршановский и Майрыхский разрезы) и заканчивается подготовка к разработке четвертого участка – Кирбинского. Кроме того, в дальнейшем планируется разработка еще восьми участков (рис. 1).

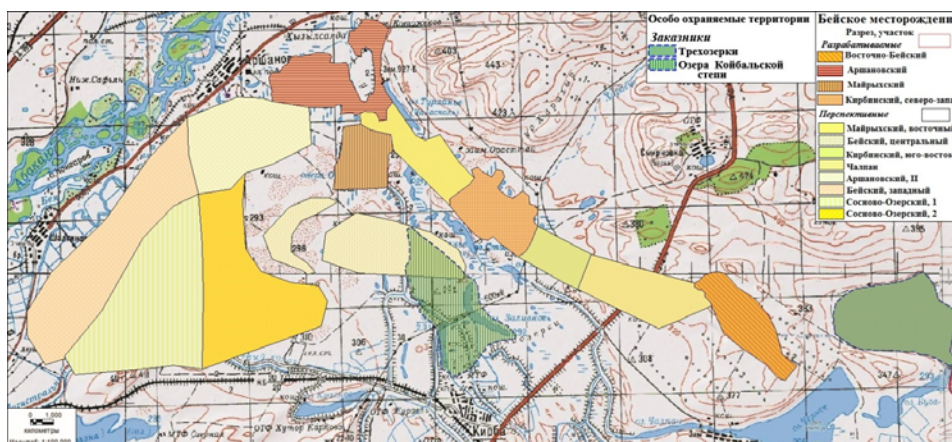


Рис. 1. Расположение разрабатываемых и перспективных разрезов Бейского угленосного месторождения и особо охраняемых территорий Койбальской степи на 2019 г.

В республике разработан проект программы создания и развития Бейского угольного кластера до 2030 г. Детальная разведка участка Чалпан Бейского каменноугольного месторождения была завершена к 1987 г., разведанные запасы данного участка составили 521 млн т угля. К строительству угольного разреза приступили в 1991 г. В 1993 г. началась промышленная добыча угля, в этот год была добыта первая 61 тыс. т. В это же время ведется разработка проектно-сметной документации на строительство разреза производственной мощностью 500 тыс. т угля в год. В 1995 г. на разрезе было добыто 157 тыс. т угля, в 1998 г. – уже 633 тыс. т. Объемы капитальных вложений выросли, соответственно, с 2 до 30 млн руб. В 1999 г. ОАО «Угольный разрез Чалпан» был преобразован в ООО «Восточно-Бейский разрез». В этот год предприятием было добыто 836 тыс. т угля. В следующем, 2000 г. – 912 тыс. т. С 2000 по 2014 г. объем угледобычи в Хакасии вырос с 8 до 18 млн т [Анализ и перспективы ... , 2019].

В 2001 г. площадь разработок составляла около 1,5 км<sup>2</sup>, а к 2017 г. – 13,5 км<sup>2</sup>, т. е. более чем за 15 лет территория выработки карьера выросла почти в 10 раз (рис. 2). В 15 км от месторождения Чалпан в 2014 г. начата разработка еще одного карьера в районе с. Аршаново, который расположен в зоне распространения Сорокаозерских солонцовых болот. В 2014 г. площадь его разработок составляла 1,86 км<sup>2</sup>, а к 2017 г. – 6,3 км<sup>2</sup>, т. е. за три года площадь разработок увеличилась в 3 раза.

Однако, если разрез в районе Чалпан представляет собой один карьер, разрастающийся постепенно в размерах, то Аршановский разрез является целой сетью средних и мелких карьеров, разбросанных в пределах 15 км<sup>2</sup>. Всего на разрезе Аршановский в 2018 г. было добыто 3,5 млн т угля. Южнее от Аршановского расположен Майрыхский разрез, разработка которого запущена в конце 2015 г., в первый год было добыто 450 тыс. т. Годовой объем производства в 2017 г. составил 1,8 млн т (рост почти в 4 раза), а в 2018 г. – 3,1 млн т. В 2019 г. стартует Кирбинский разрез, основные подго-

товительные работы на котором начались в 2018 г. В конце марта 2019 г. было подписано соглашение о сотрудничестве в реализации инвестиционного проекта «Освоение Бейского каменноугольного месторождения, в том числе первоочередных участков Юго-Восточный Кирбинский и Северо-Западный Кирбинский».



*Рис. 2.* Изменение размеров участков угольной промышленности Бейского месторождения. Восточно-Бейский разрез: а – 2001 г., б – 2018 г.; Аршановский разрез: в – 2013 г., г – 2018 г. (снимки: GoogleEarth, 2108)

Восстановление степных геосистем на территории карьерных разработок затруднено из-за изъятия почвенного покрова, что в том числе связано с постоянным увеличением объемов породных отвалов – техноземов, создающих так называемый лунный пейзаж, полностью безжизненный и практически непригодный для произрастания растительности. Открытая разработка полезных ископаемых обычно сопровождается обильным водопритокком за счет подземных вод, дренирующихся горными выработками. В результате создаются огромные депрессионные воронки, снижающие уровень грунтовых вод, что приводит к осушению и опустыниванию примыкающих территорий. Горнопромышленные ландшафты формируются в очень короткие сроки и занимают обширные территории в тех случаях, когда ведется добыча пластообразных тел углей, поэтому наиболее актуальной экологической проблемой при добыче полезных ископаемых остается рекультивация земель [Последствия антропогенного воздействия..., 2019]. Агентством по

охране окружающей среды США [Planning an Ecological..., 2019] была разработана схема планирования экологического риска, определяющая последовательность оценки воздействия факторов на рецепторы и виды ответных реакций (рис. 3). На наш взгляд, данная схема должна быть дополнена еще одним компонентом, «географическим», который включает в себя в том числе климатические, геоморфологические, гидрологические, биологические и другие условия, позволяющие учитывать и местную специфику.



Рис. 3. Структура оценки экологического риска [Planning an Ecological ... , 2012]

Угледобывающие предприятия – источник комплексного негативного воздействия на окружающую среду. Угольная промышленность загрязняет воздух, водные объекты, нарушает земли (в особенности почвенный слой), является источником образования огромного количества отходов. Снижение негативных экологических последствий затруднено ввиду того, что восстановление растительного покрова следует после того, как на поверхности техногенных образований начинают протекать почвообразовательные процессы. Недостаток почвенной влаги, высокие температуры при коротком временном периоде активных температур свыше 10 °С приводят к тому, что с попаданием в почву растительных остатков сравнительно продолжительное время не идет процесса разложения, а происходит мумификация органики, т. е. коэффициент гумификации остается очень низким, что свидетельствует об угнетении процессов минерализации растительных остатков [Куминова, 1976].

В зоне распространения степей с аридным типом климата эволюция почв техногенных ландшафтов отвалов каменноугольных разрезов достигает только органо-аккумулятивной, реже – дерновой стадии почвообразования [Соколов, 2014]. Удаление почвенного покрова из такого района изменяет или уничтожает множество природных почвенных свойств, а также делает невозможным ведение сельского хозяйства. Почвенная структура также нарушается пульверизацией или различными видами взрывов [Сенкус, 2019].

Особо охраняемые территории Хакасии в районе расположения предприятий угледобывающей промышленности представлены заказниками. В 2014 г. была организована особо охраняемая природная территория регионального значения – государственный природный биологический заказник «Урочище Трехозерки». Заказник (1348,8 га) находится в Койбальской степи (в 22 км от г. Саяногорска), представляет собой холмистые участки, разобщенные отрезком древней долины Енисея. Они перекрыты маломощным пластом супесей, суглинков и переотложенной коры выветривания. Урочище Трехозерки представляет собой относительно замкнутую котловину (высота 292–295 м) с пологими западными, северными и восточными бортами. В южной ее части склоны более приподнятые. От соседней котловины оз. Черное отделено гривой Черемушка (344 м), круто обрывающейся к урочищу. Низина состоит из супесей, суглинков и разнообразных отложений коры выветривания. Дно котловины переувлажнено и занято озерами различной степени минерализации, временными водоемами и солончаками. В северной части, на месте выхода грунтовых вод, развиты участки низинных болот. Основные задачи заказника: сохранение естественных экологических систем, природных ландшафтов и природных комплексов Республики Хакасия, не подвергшихся антропогенному воздействию, в естественном состоянии, а также их высокой эстетической и рекреационной ценности; сохранение биологического разнообразия в пределах водно-болотного угодья степного пояса региона; сохранение мест обитания редких и исчезающих видов птиц, главным образом водоплавающих и околоводных, относящихся к видам, занесенным в Красную книгу России и Красную книгу Республики Хакасия, сохранение их естественных условий для воспроизводства и осуществления жизненных циклов, сохранение генофонда популяций данных видов [Об образовании ... , 2019].

С учетом расширяющихся разработок каменного угля на Бейском месторождении запланировано создание ООПТ регионального значения – природного (орнитологического) заказника «Озера Койбальской степи» в урочище Сорокаозерки.

С экологической точки зрения территория интересна тем, что является древним руслом Енисея. Это ровный заболоченный участок с большим количеством озер (Заливное, Столбовое, Майрыхколь и др.). Для данного водно-болотного комплекса характерен высокий уровень биологического разнообразия и высокая динамичность состояния, причиной которых являются геологические и экологические факторы, циклические изменения метеоро-



логических и гидрологических условий, а также хозяйственная деятельность человека. Территория урочища как места обитания птиц неоднородна. Основные факторы, определяющие тип местообитания, – мезо- и микрорельеф, степень обводнения, степень засоления, наличие антропогенных элементов (постройки, дороги, гидротехнические сооружения), хозяйственная деятельность (сенокосение, выпас скота). Как в летний период, так и в период миграций здесь встречаются многие редкие для России виды птиц: большая белая цапля, серый журавль, колпица, черный аист, средний кроншнеп, большой веретенник, азиатский бекасовидный веретенник, ходулочник, белокрылая и черная крачки, погониш, поганки (малая, черношейная, красношейная). Всего на территории планируемого заказника встречается (гнездящихся, пролетных, зимующих и т. п.) 102 вида птиц, в числе которых на территории пребывает не менее 28 видов птиц, занесенных в Красную книгу Республики Хакасия и Красную книгу России [Гельд, 2015]. Также на территории заказника отмечаются шесть видов млекопитающих, пять видов растений, занесенных, в Красную книгу Республики Хакасии, один вид растений (ковыл Залесского – *Stipa zaleskii*, Wilensky, 1921) занесен в Красную книгу России.

С развитием угледобывающей промышленности региона актуализируются инфраструктурные проблемы, в первую очередь транспортного обеспечения, для решения которых требуется развитие железнодорожной сети в республике, а также строительство моста через р. Абакан. Временным решением стало сооружение понтонного моста на пути Аршаново – Доможаково, позволяющего уменьшить транспортные издержки. Однако с учетом дальнейшего освоения угольных месторождений необходимо построить пути примыкания к ст. Хоных (Красноярской железной дороги), которая не приспособлена для грузовых операций. Этот проект дорогостоящий, поскольку требует возведения основательного моста через р. Абакан. Строительство линии с выходом на Хоных дает не только дополнительные пути, но и резервный мостовой переход, который планируется сделать совмещенным с автодорогой. Объем инвестиций определяется в Меморандуме о развитии магистрального и промышленного железнодорожного транспорта Республики Хакасия на 2018–2023 гг., подписанном в Красноярске 13.04.2018. Инвестиции ОАО «РЖД» составят 19 млрд руб., вложения промышленных предприятий – порядка 8 млрд руб. [Углю строят дорогу, 2018].

### **Заключение**

Применение дистанционных методов зондирования Земли позволяет определить масштабы разработок угледобычи, вычислить их скорость и в некоторой мере оценить глубину перестройки ландшафтного облика территории. Однако анализ косвенного влияния (уровень превышения ПДК по химическим элементам и шумовое воздействие, нарушение путей миграции птиц и т. п.) на экологическую обстановку с помощью ДЗЗ затруднено ввиду объективных обстоятельств. Для решения проблем, связанных с сохранением окружающей среды, необходимо применение комплексного подхода и

сравнительно-географического метода исследования. Таким образом, дистанционные методы исследования являются удобным инструментом при мониторинге трансформации и динамики восстановления геосистем Койбальской степи.

Угледобыча – наиболее динамично развивающаяся отрасль промышленности Хакасии. С увеличением добычи угля возникает ряд проблем, связанных как с экономическими, так и экологическими аспектами. Некоторые из них, такие как транспортная инфраструктура, требует вмешательства государства (строительство моста через р. Абакан, перестройка ст. Хоных и т. п.), что связано с крупными инвестиционными вливаниями. Однако также существуют и экологические проблемы: на территории Бейского месторождения находятся урочища Сорокоозерки и Трехозерки (с большим количеством мелких озер), где обитает множество видов (в том числе и краснокнижных) животных, с расширением территории разработок возникает угроза для их местообитаний. Таким образом, если проблемы, связанные с инфраструктурой, решаемы в течение сжатого отрезка времени, то вопросы охраны природы требуют тщательного и взвешенного рассмотрения и детальной проработки в целях минимизации негативных воздействий на окружающую среду. Необходимо принятие решений, позволяющих сохранить уникальные объекты природы Койбальской степи.

*Работа выполнена в рамках НИР «Структурное разнообразие и развитие геосистем Сибири в позднем голоцене в условиях глобальных изменений климата и антропогенного прессинга» (№ 0347–2016–0003).*

#### Список литературы

Анализ и перспективы развития добычи угля на период до 2035 г. в республике Хакасия [Электронный ресурс]. URL: <https://mining-media.ru/ru/article/anonsy/10059-analiz-i-perspektivy-razvitiya-dobychi-uglya-na-period-do-2035-g-v-respublike-khakasiya> (дата обращения: 20.05.2019).

Гельд Т. А., Злотникова Т. В. Современное состояние авифауны водно-болотных экосистем урочища Сорокоозерки (Минусинская котловина, Койбальская степь) // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 5. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=22658> (дата обращения: 28.05.2019).

Геологическая карта Сибири и ее полезные ископаемые : [карты] / сост. В. С. Ретовский. Санкт-Петербург : Горн. деп., 1905. 5 л.

Куминова А. В. Растительный покров Хакасии. Новосибирск : Наука, 1976. 127 с.

Об образовании особо охраняемой природной территории регионального значения – государственный природный биологический заказник «Урочище Трехозерки» [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/430624829> (дата обращения: 26.05.2019).

Паллас П. С. Путешествие по разным провинциям Российского государства. СПб. : Император. акад. наук, 1788. 655 с.

Последствия антропогенного воздействия на геологическую среду [Электронный ресурс]. URL: [https://studopedia.su/15\\_123474\\_posledstviya-antropogennogo-vozdeystviya-na-geologicheskuyu-sredu.html](https://studopedia.su/15_123474_posledstviya-antropogennogo-vozdeystviya-na-geologicheskuyu-sredu.html) (дата обращения 23.07.2019).

Сенжус В. В., Майер В. Ф. Экологические проблемы горнодобывающих предприятий в Кузбассе [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ineca.ru/?dr=bulletin/arhiv/0073&pg=004> (дата обращения 22.05.2019).

*Соколов Д. А.* Использование сканирующей электронной микроскопии для диагностики процессов почвообразования на поверхности отвалов каменноугольных разрезов Сибири // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2014. № 3. С. 36–52.

Углю строят дорогу // Гудок. 2018. Вып. 70 (26443). URL: <https://www.gudok.ru/newspaper/?ID=1417645> (дата обращения: 20.05.2019).

Угольная база России. Т. 3. Угольные бассейны и месторождения Восточной Сибири / под ред. В. Ф. Череповского. М. : Геоинформцентр, 2002. 488 с.

*Jensen J. R.* Remote sensing of the environment: an Earth resource perspective. Prentice Hall, 2000. 544 p.

*Jiang Zuoqin.* Evaluation of geoscientific data coverage and application of GIS for mineral resource assessment and management in North-East Asia // Application of geographic information systems (GIS) for integrated assessment and management of mineral resources in North-East Asia / United Nation Publication. New-York, 2001. P. 63–97.

*Jones C.* Geographical Information Systems and Computer Cartography. Harlow, Essex, United Kingdom : Longman, 1997. 319 p.

*Mather P. M.* Computer Processing of Remotely-Sensed Images. An Introduction. John Wiley press, 2004. 350 p.

Planning an Ecological Risk Assessment., Retrieved from EPA Risk Assessment. URL: <https://www.epa.gov/risk/guidelines-ecological-risk-assessment> (дата обращения: 23.05.2019).

*Popovich V., Galiano F.* Algorithmic component of an Earth remote-sensing data-analysis system // Information fusion and intelligent Geographic Information Systems (GIS). Springer, 2018. P. 127–137.

*Richards J. A.* Remote Sensing Digital Image Analysis. An Introduction. Springer, 2013. 503 p.

*Rhind D.* Counting the people: the role of GIS // Geographical information systems – principles and applications / eds. D. J. Maguire, M. F. Goodchild, D. W. Rhind. London : Longman, 1991. Vol. 1. P. 127–137.

*Schowengerdt R. A.* Remote Sensing. Models and Methods for Image Processing. Academic Press, 2007. 558 p.

USGS science for a changing world. GloVis // U. S. Geological Survey. URL: <https://glovis.usgs.gov/app?fullscreen> (дата обращения: 22.03.2019).

## **Analysis of Dynamics Mining of Beyskoye Coal Deposit in Koybalskaya Steppe (Republic of Hakassia) with Application of Remote Methods**

I. V. Balyazin

*V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russian Federation*

**Abstract.** The paper presents the results of an analysis of the dynamics of the development of the Beyskoye coal field. From this point of view, the territory is interesting in that it is an ancient riverbed and which represents the most common conditions that are most convenient for the development of the coal mining industry. A detailed review of the dynamics of the development of mining in the coal industry is required. Coal mining is a fairly new industry for the Koybalskaya steppe. The coal industry is the most dynamic industry in Khakassia. With increasing production, a number of acute problems arise. Some of them, such as transport infrastructure, require government intervention. However, there is also a big environmental problem; in the Beyskoye field there are tracts of Sorokaozerka and Trekhozerka (with a large number of small lakes), inhabited by many species (including the Red Book) animals. It is necessary to make decisions that allow preserving the unique objects of nature of the

Koybalskaya steppe. The use of remote sensing methods allows us to estimate the scale of the development of coal mining, their speed and to some extent allow us to estimate the depth of the restructuring of the landscape image of the territory.

**Keywords:** coal mining industry, specially protected areas, remote sensing methods.

**For citation:** Balyazin I.V. Analysis of Dynamics Mining of Beyskoye Coal Deposit in Koybalskaya Steppe (Republic of Hakassia) with Application of Remote Methods. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences*, 2020, vol. 31, pp. 3-15. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2020.31.3> (in Russian)

### References

*Analiz i perspektivy razvitiya dobychi uglja na period do 2035 g. v respublike Khakasiya* [Analysis and prospects for the development of coal production for the period up to 2035 in the Republic of Khakassia]. Available at: <https://mining-media.ru/ru/article/anonsy/10059-analiz-i-perspektivy-razvitiya-dobychi-uglya-na-period-do-2035-g-v-respublike-khakasiya> (date of access: 20.05.2019). (in Russian)

Geld T.A., Zlotnikova T.V. *Sovremennoye sostoyaniye avifauny vodno-bolotnykh ekosistem urochishcha Sorokaozerki (Minusinskaya kotlovina, Koybal'skaya step')* [The current state of avifauna of wetland ecosystems of the natural boundary of the Sorokaozerka (Minusinskaya depression, Koybalskaya steppe)]. Available at: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=22658> (date of access: 28.05.2019).

*Geologicheskaya karta Sibiri i yeye poleznyye iskopayemyye* [Geological map of Siberia and its minerals. Maps]. Ed. by V.S. Reutovskiy. Saint Petersburg, Gorn. dep. Publ., 1905, 5 p. (in Russian)

Kuminova A.V. *Rastitelnyy pokrov Khakasii* [Vegetation of Khakassia]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1976, 127 p. (in Russian)

*Ob obrazovanii osobo okhranyayemoy prirodnoy territorii regionalnogo znacheniya – gosudarstvennyy prirodnyy biologicheskiy zakaznik “Urochishche Trekhozerki”* [On the formation of a specially protected natural area of regional significance – the State Natural Biological Reserve “The Terrain of the Triozerka”]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/430624829> (in Russian)

Pallas P.S. *Puteshestviye poraznym provintsiyam Rossiyskogo gosudarstva* [Travel to different provinces of the Russian state]. Saint Petersburg, Imperatorskaya Akademiya nauk Publ., 1788, 655 p. (in Russian)

*Posledstviya antropogennogo vozdeystviya na geologicheskuyu sredu* [Consequences of anthropogenic impact on the geological environment]. Available at: [https://studopedia.su/15\\_123474\\_posledstviya-antropogennogo-vozdeystviya-na-geologicheskuyu-sredu.html](https://studopedia.su/15_123474_posledstviya-antropogennogo-vozdeystviya-na-geologicheskuyu-sredu.html) (in Russian)

Senkus V.V., Mayer V.F. *Ekologicheskiye problem gornodobyvayushchikh predpriyatij v Kuzbasse* [Environmental problems of mining enterprises in Kuzbass] Available at: <http://www.ineca.ru/?dr=bulletin/arhiv/0073&pg=004>. (in Russian)

Sokolov D.A. Ispol'zovaniye skaniruyushchey elektronnoy mikroskopii dlya diagnostiki protsessov pochvoobrazovaniya napoverkhnosti otvalov kamennougol'nykh razrezov Sibiri [The use of scanning electron microscopy for diagnosing soil formation processes on the surface of dumps of coal mines in Siberia]. *Vestnik Tomskogo gos. universiteta. Biologiya* [Tomsk State Bulletin. university. Biology], 2014, no. 3, pp. 36-52. (in Russian)

Uglyu stroyat dorogu [Coal build the road]. *Gudok* [Horn], 2018, no. 70 Available at: <https://www.gudok.ru/newspaper/?ID=1417645>. (in Russian)

*Ugolnaya baza Rossii. Vol. 3. Ugolnyye basseyny i mestorozhdeniya Vostochnoy Sibiri*. Ed. by V.F. Cherepovskiy. Moscow, Geoinformtsentr, Publ., 2002, 488 p. (in Russian)

Jensen J.R. *Remote sensing of the environment: an Earth resource perspective*. Prentice Hall, 2000, 544 p.

Jiang Zuoqin. Evaluation of geoscientific data coverage and application of GIS for mineral resource assessment and management in North-East Asia. *Application of geographic in-*

*formation systems (GIS) for integrated assessment and management of mineral resources in North-East Asia.* New-York, United Nation Publication, 2001, pp. 63-97.

Jones C. *Geographical Information Systems and Computer Cartography.* Harlow, Essex, United Kingdom, Longman, 1997, 319 p.

Mather P. M. *Computer Processing of Remotely-Sensed Images. An Introduction.* John Wiley press, 2004, 350 p.

*Planning an Ecological Risk Assessment.* Retrieved from EPA Risk Assessment. Available at: <https://www.epa.gov/risk/guidelines-ecological-risk-assessment> (date of access: 23.05.2019).

Popovich V., Galiano F. Algorithmic component of an Earth remote-sensing data-analysis system. *Information fusion and intelligent Geographic Information Systems (GIS)*, Springer. 2018, pp. 127-137.

Richards J.A. *Remote Sensing Digital Image Analysis. An Introduction.* Springer, 2013, 503 p.

Rhind D. Counting the people: the role of GIS. *Geographical information systems – principles and applications.* D.J. Maguire, M.F. Goodchild and D.W. Rhind (eds.). London, Longman, 1991. vol. 1, pp. 127-137.

Schowengerdt R.A. *Remote Sensing. Models and Methods for Image Processing.* Academic Press, 2007, 558 p.

USGS science for a changing world. GloVis / U. S. Geological Survey. Available at: <https://glovis.usgs.gov/app?fullscreen> (date of access 22.03.2019).

**Балязин Иван Валерьевич**

кандидат географических наук,  
научный сотрудник, лаборатория  
физической географии и биогеографии  
Институт географии им. В. Б. Сочавы  
СО РАН  
Россия, 664033, г. Иркутск,  
ул. Улан-Баторская, 1  
e-mail: [grave79@mail.ru](mailto:grave79@mail.ru)

**Balyazın Ivan Valerievich**

Candidate of Science (Geography),  
Researcher, Physical Geography  
and Biogeography Laboratory  
V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS  
1, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033  
Russian Federation  
e-mail: [grave79@mail.ru](mailto:grave79@mail.ru)

Коды научных специальностей: 25.00.23, 25.00.24

Дата поступления: 15.12.2019

Received: December, 15, 2019