

гидровзрыва; загрязнение грунтовых вод; высокая сейсмическая активность.

— Пониженная энергетическая рентабельность сланцевых углеводородов: *EROEI для нефти в 2005...2009 гг. составлял 100:1, в настоящее время — 18:1.*

— Промышленная разработка сланцевого газа рентабельна в малонаселенных территориях, характерных для США.

— Сланцевая добыча рентабельна при условии одновременной добычи нефти и газа; рентабельность промышленной добычи сланцевого газа имеет ярко выраженную привязку к экономике того региона, где он добывается.

— Дороговизна бурения скважин нетрадиционного газа в 3...4 раза дороже.

— Необходимость разработки и соблюдения более строгих, чем в США, нормативных актов экологической безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вред добычи сланцевого газа для экологии — Svargaman. Опубликовано Svargaman. Ноябрь 4, 2013 в Международные дела. <http://voprosik.net/vred-dobychi-slancevogo-gaza-dlya-ekologii>.
2. Геращенко, И.О. Вестник Российской Академии Наук / И.О. Геращенко, А.Л. Лapidус. — 2014. — Т. 84. — № 5. — С. 400–433.
3. Годовой Прогноз Развития Энергетики 2012. Июнь 2012. Управление энергетической информации США. Офис Международного энергетического анализа. Министерство энергетики США, Вашингтон, округ Колумбия.
4. Михайлов, Ю.В. Глобальные риски и экологические последствия применения технологии добычи сланцевых углеводородов в Донецком регионе / Ю.В. Михайлов. Междунар. науч.-практ. конф., Донецк 12–13.02.2016 г.
5. Соловьянов, А. Добыча сланцевого газа в Донбассе грозит РФ эко-катастрофой. Интервью / А. Соловьянов. — Москва, Третий Рим, 12 октября 2014.
6. Чиндяйкин, Н. Скрытые угрозы. Грязные сланцы / Н. Чиндяйкин. — ТВ «Звезда», 23.09.2018 г.
7. Джеффи, А.М. Сланцевый газ потрясет мир // The Wall Street Journal / А.М. Джеффи. — USA MAY 10, 2010.
8. Nessebar, D. Добыча сланцевого газа: последствия и проблемы, новости и общество, экономика / D. Nessebar. — December 4, 2014. — ru: <http://fb.ru/article/159815/dobyicha-slantsevogo-gaza-posledstviya-i-problemyi>.

© Михайлов Ю.В., 2019

Михайлов Юрий Васильевич // mikhaylov_44@mail.ru

УДК 631.124

Надеждина Ю.Ю. (Национальный исследовательский Томский политехнический университет)

ЗАБОЛАЧИВАНИЕ ПО ТРАССЕ ЭЛЕГЕСТ-КЫЗЫЛ-КУРАГИНО

Данная статья посвящена анализу факторов, способствующих развитию процесса заболачивания вдоль проектируемой железной дороги Элегест-Кызыл-Курагино. Территория исследований является малоизученной, в связи с этим имеется необходимость в изучении природных условий. В работе анализируются факторы, способствующие развитию заболачивания, такие как гидрология района исследований, суммарное количество выпавших осадков за период времени, геоморфология и рельеф. На основании вынесенных на карту заболоченных участ-

*ков, рассчитан коэффициент пораженности. В заключение сделан вывод о необходимости дальнейших исследований других факторов районирования и сопоставлении результатов исследований. **Ключевые слова:** Кызыл, Курагино, железная дорога, районирование, заболачивание, инженерно-геологические процессы, инженерно-геологические изыскания, высотные отметки, гидрология.*

Nadezhkina Yu.Yu. (National Research Tomsk Polytechnic University)

WATERLOGGING ON THE ROAD ELEGEST-KIZYL-KURAGINO

*This article is devoted to the analysis of factors contributing to the development of the bogging process along the designed Elegest-Kyzyl-Kuragino railway. The research area is poorly studied, and therefore there is a need to study the natural conditions. The factors contributing to the development of waterlogging are analyzed, including the hydrology of the study area, the total amount of precipitation over a period of time, geomorphology and relief. On the basis of the swamps introduced to the map, the affected areas was calculated. In conclusion, the conclusion is made about the need for further studies of other factors of zoning and matching of research results. **Keywords:** Kyzyl, Kuragino, railway, zoning, waterlogging, engineering and geological processes, engineering and geological surveys, altitude, hydrology.*

Введение

В связи с активным освоением новых земель построение карт инженерно-геологического районирования на сегодняшний день актуальная задача. Данной теме посвящено множество работ современных исследователей: так, например, Мартинеса-Граньи А. (2013 г.) [12], Фи Х.Т. (2013 г.) [11], Даниэля Тоблера Д., Койзена Х.-Р. (2013 г.) [13] и др. Вышеуказанные работы так или иначе отражают причинно-следственную связь возникновения и распространения опасных геологических и инженерно-геологических процессов для различных территорий. При районировании важно учитывать цель освоения территории, характер сооружений, динамику природных условий.

Район проектируемой железной дороги Элегест-Кызыл-Курагино является малоизученным и сложным с точки зрения протяженности объекта, неоднородности природных условий. Безопасность протяженных объектов во многом определяется и зависит от места их расположения относительно распространения геологических структур, геологических процессов и других факторов [1]. В данной работе остановимся лишь на одном процессе — заболачивание территории.

Цель работы заключается в построении карт развития заболоченных территорий с выделением наиболее благоприятных и неблагоприятных участков для использования при принятии решений по планированию территорий.

Задачи, которые необходимо выполнить для достижения поставленной цели:

1. Собрать необходимые материалы.
2. Проанализировать гидрологические, геоморфологические, геологические условия района и их влияние на развитие процесса заболачивания.

3. Рассчитать коэффициент пораженности района исследований болотами.

Методика

Для решения поставленной цели и задач были собраны и обобщены имеющиеся материалы, в том числе фондовые. Проведен обзор специальной литературы, соответствующей тематике исследования. За основу при построении карты заболоченности были взяты топографическая и геологическая карты из общедоступных источников, а также инженерно-технический отчет «Инженерные изыскания под строительство железной дороги Элегест-Кызыл-Курагино». Масштаб карты выбирался с учетом удобства работы с картой и наглядности отображения информации на ней, в результате принято решение использовать и строить карты в масштабе 1:1 000 000. Для оценки процесса заболачивания в системе автоматизированного проектирования AutoCAD были оцифрованы необходимые элементы: высотные отметки рельефа, экзогенные процессы, гидрология, растительность, населенные пункты и т.д.

Основная часть

Территория исследований весьма обширная, в связи с этим железная дорога пересекает множество форм рельефа. По территории Красноярского края железная дорога приурочена к Минусинской впадине Минусинского прогиба. Приграничная территория двух регионов разделена Западным Саяном с разносопрягающимися хребтами, разделенными впадинами. Высотные отметки достигают 2700 м [4]. Запроектированная конечная станция «Кызыл» по схеме структурно-геологического районирования приурочена к Тувинскому прогибу [10].

В разрезе выделяются 2 структурных этажа: нижний — сложно дислоцированный, из метаморфизованных отложений нижнего палеозоя и верхний — сложенный слабодислоцированными неметаморфизованными отложениями верхнего силура и девона. Верхний этаж от нижнего отделяется с угловым несогласием из-за перерыва в осадконакоплении.

Разрывные нарушения в районе работ имеют широкое распространение. Проектируемую трассу, проходящую с севера на юг, они пересекают в субширотном и северо-восточном направлениях [10].

Геологическое строение района исследований представлено кембрийскими, девонскими и четвертичными отложениями.

Кембрийская система представлена нижним и средним отделами. Нижний отдел представлен нижнемонокской свитой и сложен диабазами, диабазовыми порфиритами, спилитами, туфопесчаниками и др. Мощность нижнемонокской свиты достигает не менее 2 км. Средний отдел представлен верхней и нижней подсвитами амьельской свиты, сложен метаморфизованными песчаниками и метаморфическими сланцами, мощность достигает 2,5 км.

Девонская система представлена нижним и средним нерасчлененными отделами быскарской серии. Отложения представлены в основном кислыми эффузивами: порфирами, альбитофирами, туфолавами, туфами и

другими, в подчиненном количестве содержатся осадочные породы. Мощность составляет порядка 2–2,5 км.

Отложения четвертичной системы представлены нижним и средним отделами и пользуются весьма широким распространением, представлены болотными, аллювиальными, делювиальными, озерными и элювиальными отложениями.

Гидрогеологические условия являются весьма сложными и в связи с этим выделяется разнообразие подземных вод как по условиям залегания, так и по составу. Выделяются следующие водоносные комплексы [2]:

- четвертичных отложений;
- терригенно-карбонатно-вулканогенных образований кембрия;
- вулканогенно-терригенных образований ордовика-девона;
- подземные воды зон трещиноватости разновозрастных интрузий;
- подземные воды зон тектонических нарушений.

Из современных геологических процессов следует отметить развитие заболоченных территорий.

Согласно общей инженерно-геологической классификации процессов и явлений заболачивание относится к геологическим процессам, связанным с деятельностью подземных и поверхностных вод. Условиями развития процесса заболачивания являются избыточное увлажнение грунтов, западинный рельеф. К основным факторам, способствующим развитию процесса заболачивания относятся: климат, рельеф, литология, гидрогеология и гидрология. Процесс заболачивания возможен при действии одного фактора или нескольких [2].

В данной работе рассмотрены и проанализированы три фактора:

1. Климат.
2. Рельеф поверхности и геоморфологические условия.
3. Гидрология.

Климат. Благоприятными климатическими условиями для развития болот являются избыточное увлажнение и недостаточное испарение. Для оценки тренда в колебаниях осадков и, следовательно, сохранения условий существования болот и заболоченных земель, нами проводился анализ данных по ближайшим к планируемой железной дороге метеостанциям, расположение которых показано на рис. 5.

Анализовались данные за период с 2014 по 2018 г. Проанализировано суммарное количество выпавших осадков (рис. 1).

На диаграммы нанесены суммарные количества осадков за выделенный период времени, а также нанесены линии тренда (рис. 1). На всех диаграммах линия тренда возрастающая, однако следует отметить, что на диаграммах (рис. 1–4. Ол. речка и 6. Туран) за последние два года количество осадков уменьшилось и, скорее всего, данный тренд будет расти. На диаграмме (рис. 1–5. Нижнеуссинское) видим, что в 2018 г. осадков выпало значительно меньше, чем в предыдущем, но этот спад следует за непрерывным ростом, поэтому сложно предположить, что количество осадков будет

уменьшаться и дальше, вероятней всего — это климатическая аномалия.

Исходя из анализа диаграмм, можно сделать вывод, что недостатка в увлажненности территории исследований нет. В связи с этим климатический фактор будет способствовать развитию процесса заболачивания или, как минимум, сохранению имеющейся ситуации.

Рельеф поверхности и геоморфологические условия. Рельеф поверхности и геоморфологические условия района исследований характеризуются большим разнообразием. Современный облик поверхности района исследований формировался в течение позднего неогенового и четвертичного периодов. К северной части района исследований приурочены палеозойские и позднедокембрийские складчатые сооружения, которые имеют горный рельеф с унаследованными межгорными впадинами. Во второй половине неогена новейшие тектонические движения сформировали современный горный рельеф **Минусинских** межгорных котловин.

В рассматриваемую территорию входит система межгорных котловин Минусинской котловины: **Южно-**

Минусинская, Сыдо-Ербинская, Средне-Минусинская и Северо-Минусинская, с юга котловины ограничены склонами Западного Саяна. Поверхность межгорных котловин представляет собой расчлененные лесостепные и степные равнины, обрамленные горные хребты.

Северо-Минусинская котловина по рельефу делится на две части: северную — равнинную и южную — холмисто-куэстовую. Рельеф Средне-Минусинской котловины схож с Северо-Минусинской. Имеет аналогичное деление на северную лесостепную равнину и южную — холмисто-куэстовую степную часть. Высоты колеблются от 200 до 700 м.

Долины наиболее крупных рек (Кизира, Казыра) хорошо разработаны, присутствует комплекс аккумулятивных надпойменных террас (I, II, III и IV порядка). Долины сменяются с широкой на узкую, где русло проложено в коренных породах с большим количеством порогов и перекатов.

В **Сыдо-Ербинской и Южно-Минусинской котловинах** также развиты водораздельные пространства, разбивающиеся на озеро-аллювиальных отложениях.

Абсолютные высоты колеблются в пределах от 360 до 450 м. Пространства заняты бугристо-дюнными песками, которые чаще зарастают сосновыми борами.

Западный Саян (северный склон) характеризуется абсолютными отметками от 1000 до 1800 м. Здесь наблюдается выположенность водоразделов и контраст с глубокими скалистыми долинами рек. Покровные отложения в горных районах слабо развиты и представлены элювиально-делювиальными образованиями. При переходе от горных обрамлений к равнинам межгорных котловин меняется резко характер рельефа. Переход обозначен изменениями гидросети и присутствием гипсометрического уступа.

В пределах северо-западной части Западно-Саянского хребта рельеф связан с деятельностью средневерхнеплейстоценовых **ледников**. Деятельность ледников привела к образованию слабосхолмленного моренного рельефа, встречаются моренноподпрудные озера.

К южному склону Западного Саяна примыкает

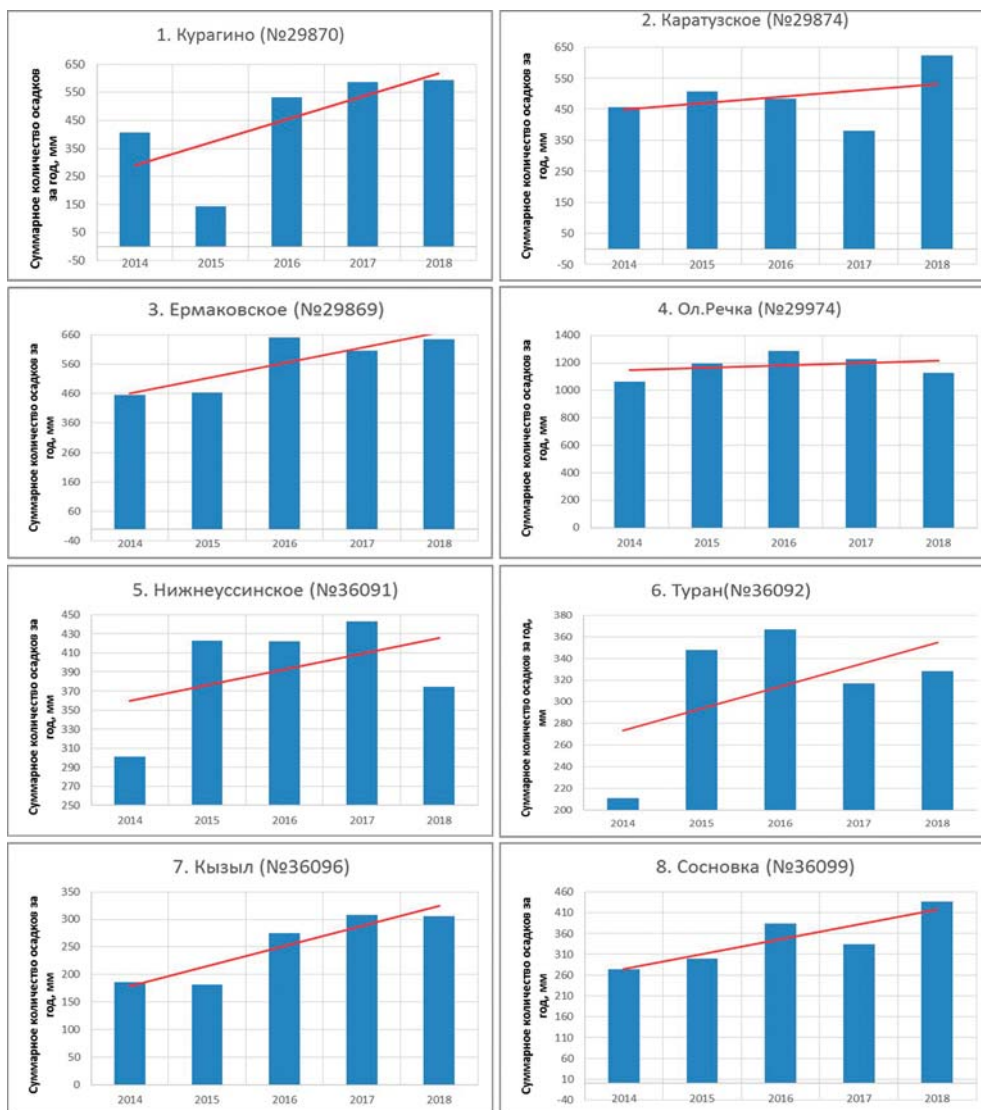


Рис. 1. Суммарное количество осадков по метеостанциям за период 2014–2018 гг.

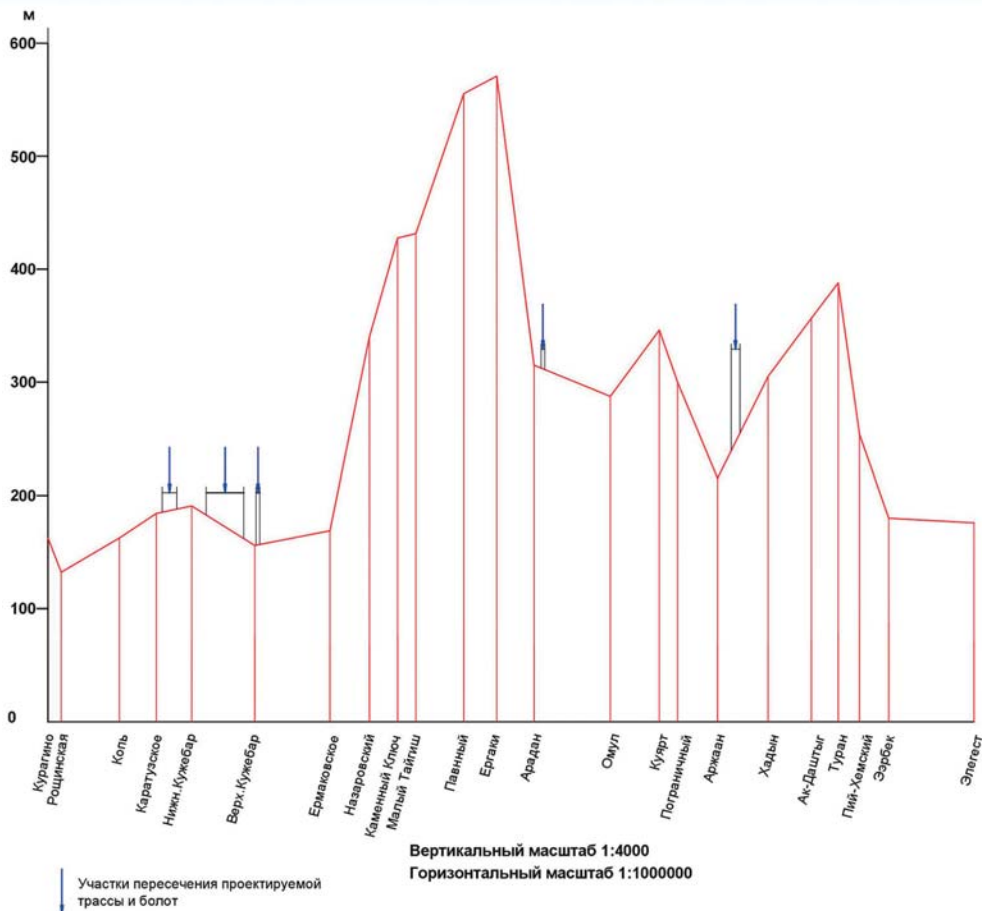


Рис. 2. Продольный профиль рельефа по линии проектируемой железной дороги

Алашское плато. Южные хребты Западного Саяна — Саянский, Хемчикский и Куртушибинский имеют северо-восточное простираие [4].

Вдоль горной системы Западного Саяна расположена вытянутая в широтном направлении система **Тувинских впадин**, которая характеризуется холмисто-мелкосопочным рельефом с отдельными понижениями [4].

Молодые полигенетические **аккумулятивные** равнины почти повсеместно окаймляются наклонными предгорными равнинами. Большая часть равнин занята древними аллювиальными террасами крупных рек, конусами выноса временных водотоков [4].

Рельеф, созданный глубинной и боковой эрозией рек, возник в неоген-четвертичное время, развит повсеместно вдоль бортов речных долин. Представлен эрозионными склонами с обрывистыми уступами высотой до 25 м. Склоны покрыты делювиально-коллювиальными отложениями [5].

Далее рельеф подвергся действию факторов денудации: морозному и физическому выветриванию, солифлюкционным процессам и эрозии. В долинах рек,

впадинах сформировались аккумулятивные равнины. В этот же период образовались различные формы эоловой аккумуляции. Песчаные отложения закрепляются растительностью, что говорит об увлажнении климата и подтверждается анализом климатического фактора. Следует отметить, что описываемая территория относится к району повышенной сейсмичности. Исходная сейсмичность района по карте ОСР-2016В составляет 8 баллов. Повышенная сейсмичность говорит о том, что подъем района продолжается в настоящее время. Современная тектоническая структура района исследований — сводово-глыбовая, в рельефе выражается системой хребтов и разделяющих межгорных впадин [4].

Геоморфологические условия района исследований имеют сложный характер. Для визуализации условий были построены продольный профиль вдоль проектируемой железной дороги (рис. 2), карта высотных отметок (рис. 3).

Наглядно видны круглые значительные по амплитуде перепады высот. Анализ рельефа поверхности и геоморфологических условий позволяет сделать вывод, что на исследуемой территории имеются все эле-



Рис. 3. Характерная растительность (А.Г. Разумов, 2017 г.)

менты: широкие поймы рек, выравненные водоразделы и пологие делювиальные склоны, необходимые для формирования болот и заболоченных территорий [3]. Широкие поймы с меандрирующими руслами и незначительными продольными уклонами и пологие денудационные склоны в основном характерны для северной и северо-западной частей района исследований, где сосредоточено максимальное количество водотоков, также данный элемент характерен и для южной части района исследований. Выровненные водоразделы при отсутствии или слабом дренировании поверхности характерны также и для центральной части района исследований.

Гидрология. Район исследований имеет весьма развитую речную сеть с большим количеством рек как в равнинной части, так и в горной (рис. 4). Реки предгорной равнинной части имеют широкие поймы и меандрирующие русла, что является благоприятным условием для развития заболачивания [3]. В районе с высотами от 2000 м, реки характеризуются интенсив-

ным, бурным течением, заиливание дна маловероятно, как следствие, заболачивание тоже маловероятно. Данная территория является неблагоприятной для развития процесса заболачивания, т.к. имеется большое расчленение и в связи с этим улучшается дренирование поверхностных вод с поверхности.

На карту вынесены заболоченные территории. По имеющимся данным рассчитан коэффициент заболоченности территории:

$$K_6 = \frac{S_b}{S_m} = \frac{103,38}{3939,67} = 0,026,$$

где K_6 — коэффициент заболоченности территории, S_b — суммарная площадь болот, S_m — площадь изучаемой территории.

Коэффициент заболоченности территории равен 0,026 (м-б карты 1:000 000), по степени пораженности территория является слабой [6]. При рекогносцировочных исследованиях была встречена характерная болотная растительность в районах с. Копь, Каратузское, на удаленном расстоянии от уже сформировавшихся болот (рис. 3). Процесс развития болот сопровождается появлением характерной растительности и затем накоплением остатков растительного происхождения [6].

Результаты

Условно территория проектируемой железной дороги делится на три зоны (рис. 4):

1. Высотные отметки до 1200 м.
2. Высотные отметки от 1300 до 1900 м.
3. Высотные отметки от 2000 до 2500 м.

Первая зона с высотами до 1200 м представлена двумя территориально разбросанными районами. Первый район на территории Красноярского края большей частью приурочен к Минусинской впадине Южно-Минусинского прогиба, второй район — на территории Республики Тыва — к Тувинскому прогибу.

Вторая зона с высотными отметками до 1900 м также представлена двумя районами в приграничной зоне Западных Саян и Минусинского прогиба и второй — Саяно-Тувинский прогиб, третья зона с высотными отметками до 2500 м приурочена к центральной части горно-складчатой системы Западного Саяна (рис. 4, 5).

Наиболее благоприятными для развития процесса заболачивания являются: первая зона с высотными отметками от 400 до 1200 и вторая с отметками до 1900 м. В данных зонах сосредоточено наибольшее количество болот на сегодняшний день и, как следствие, торфов на глубинах от 2,5 до 4,1 м. Торф характеризуется избыточной влажностью от 790,9 до 1430,6 % и степенью разложения от 23,2 до 35,7 % [9]. По степени пораженности вся территория характеризуется как слабая ($K_6=0,026$). Увеличение количества осадков с каждым годом в среднем составило за период с 2014 по 2018 г. 135 мм (рис. 1), что ведет к избыточному увлажнению и повышает возможность развития заболоченных территорий в первой и второй зонах (рис. 4). Рассматриваемый район имеет разветвленную речную сеть с множеством полноводных крупных рек (Казыр,

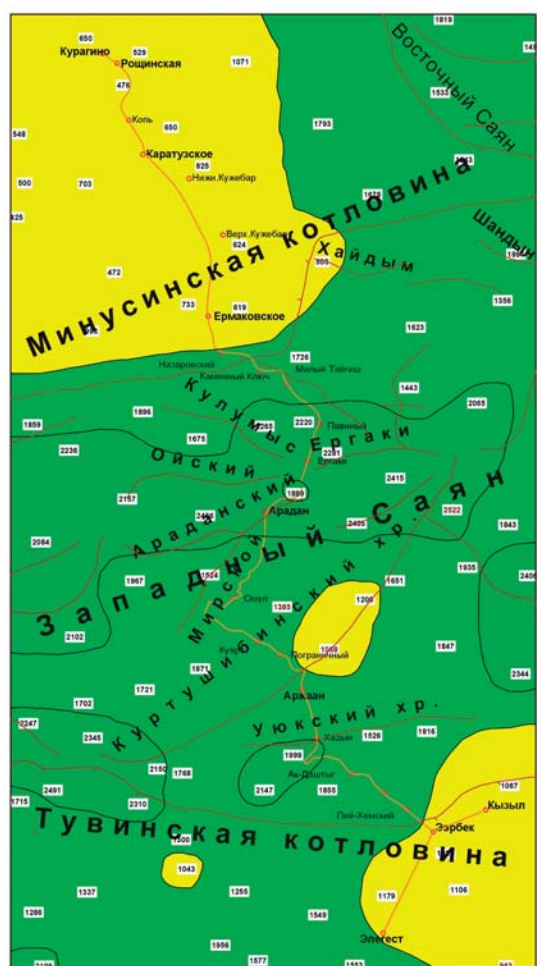


Рис. 4. Выделение зон по высотным отметкам. М-Б 1: 1 000 000

Туба, Амыл, Верхний Енисей и др.), а также маленьких. Увеличение количества осадков сказывается на гидрологическом режиме рек, что может привести к затоплению пойм рек, тем самым сформировав новые заболоченные участки. Заболоченные участки принято рассматривать как начальную стадию развития болот [6]. Формирование характерной болотной растительности и накопление ее остатков при отмирании

говорит о том, что заболоченные участки переходят в болота (рис. 3). Строительство железной дороги может изменить ситуацию по следующим причинам: возможного затруднения стока поверхностных вод, возведения сопутствующих инженерных сооружений и коммуникаций.

Заключеение

В работе проанализирован процесс заболачивания вдоль проектируемой железной дороги и факторы, способствующие его развитию. В настоящее время все факторы (климат, рельеф поверхности, геоморфологические условия, гидрология) оказывают воздействие на развитие заболачивания. Также проанализированы высотные отметки района с учетом приуроченности к геологическим структурам, дана количественная оценка степени пораженности территории процессом заболачивания (посчитан коэффициент пораженности).

Итогом данной работы стала карта гидрологических условий и болот (рис. 5). На карту нанесена гидрология (главные и второстепенные реки), основные элементы рельефа, высотные отметки, также выделены участки развития болот и заболоченных территорий, непригодные для использования при планировании территории. Для принятия более обоснованных решений при планировании территории необходимо расширить перечень анализируемых факторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Быкова, Н.М. Системный подход к оценке и учету геодеформационных воздействий на протяженные технические объекты: автореф. дисс. ... д.т.н.: 05.13.01 / Н.М. Быкова. — Братск, 2009. — 52 с.
2. Геология СССР. Геологическое описание / Под ред. П.Я. Антропова. — Т. 15. — Красноярский край. Ч. 1. — Москва, 1961. — 57–474 с.
3. Гидрогеология СССР / Под ред. А.В. Сидоренко. — Т. XVIII. — Красноярский край, Тувинская АССР. — М.: Недра, 1972. — 479 с.
4. Государственная геологическая карта Российской Федерации. М-6 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Алтае-Саянская. Лист М-46. — Кызыл. Объяснительная записка. — СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2008. — 349 с.
5. Государственная геологическая карта Российской Федерации. М-6 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Алтае-Саянская. Лист N-46. — Абакан. Объяснительная записка. — СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2008. — 391 с.
6. Емельянова, Т.Я. Инженерная геодинамика: Уч. пособие / Т.Я. Емельянова. — Томск: Изд-во ТПУ, 2009. — 134 с.
7. Инженерно-технический отчет по результатам инженерно-геологических изысканий «Элегест-Кызыл-Курагино». — 2017. — 206 с.
8. Клиткин, К.А. Тектоника Центральной части Тувинского прогиба: труды геологического института / Под. ред. Н.С. Шатского / К.А. Клиткин. — М.: Госгортехиздат, 1960. — 135 с.
9. Ломтадзе, В.Д. Инженерная геодинамика / Под ред. К.А. Клиткина / В.Д. Ломтадзе. — Л.: Недра, 1977. — 479 с.
10. Тектоника центральной части Тувинского прогиба. Тр. геологического института. — Вып. 36. — ГОСГОРТЕХИЗДАТ. — 135 с.
11. Фи, Х.Т. Прогноз оседания земной поверхности в результате извлечения подземных вод в г. Ханой (Вьетнам) / Х.Т. Фи, Л.А. Строкова // Изв. Томского политехнического университета. — 2013. — № 1. — Т. 323. — С. 161–167.
12. Martinez-Graña, A. Engineering Geology Maps for Planning and Management of Natural Parks: «Las Batuecas-Sierra de Francia» and «Quilamas» (Central Spanish System, Salamanca, Spain) / A. Martinez-Graña, J., Luis Goy, C. Zazo, M. Yenes // Geosciences. — 2013. — March.
13. Tobler D. Hazard Zoning in Areas with Major Deep-Seated Landslides: Case Study from Switzerland / D. Tobler, H.-R. Keusen, C. Margottini et al. (eds.) // Landslide Science and Practice. — 2013. — № 1.

© Надеждина Ю.Ю., 2019

Надеждина Юлия Юрьевна / levak.yuliya@mail.ru

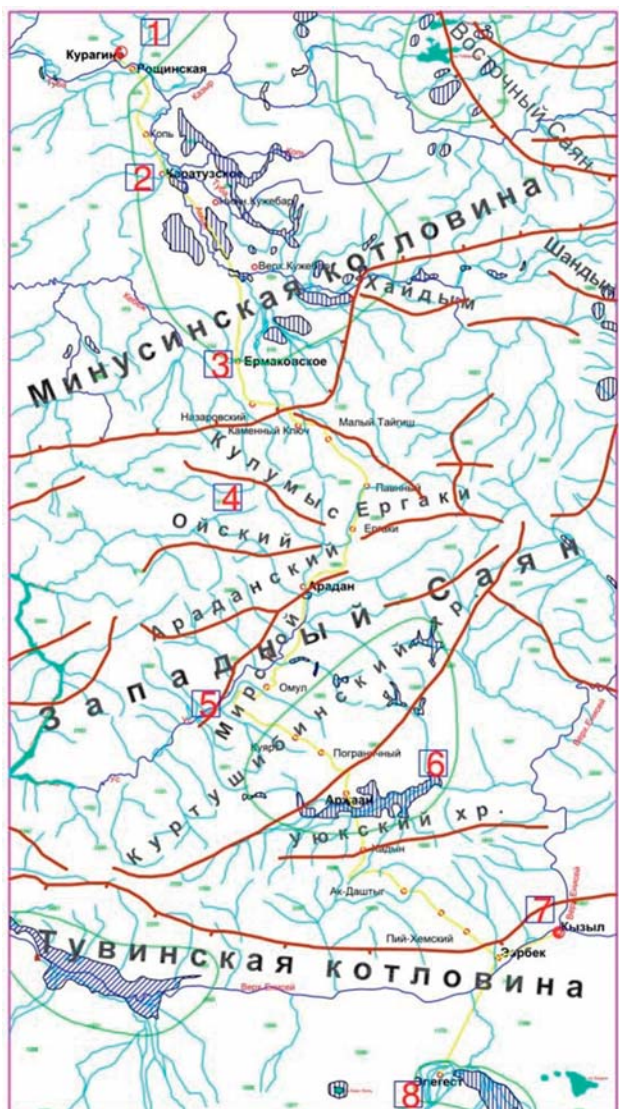


Рис. 5. Гидрологические условия и болота. М-6 1: 000 000