

ДЕГРАДАЦИЯ, ВОССТАНОВЛЕНИЕ И ОХРАНА ПОЧВ

УДК 502(571.53)

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ПРИ ДОБЫЧЕ ГАЗА В СРЕДНЕМ ПРИАНГАРЬЕ

© 2020 г. И. А. Белозерцева^{a, b, *}

^aИнститут географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Улан-Баторская, 1, Иркутск, 664033 Россия

^bИркутский государственный университет, ул. Сухэ-Батора, 5, Иркутск, 664011 Россия

*e-mail: belozia@mail.ru

Поступила в редакцию 27.09.2018 г.

После доработки 10.07.2019 г.

Принята к публикации 20.09.2019 г.

По результатам многолетних исследований составлена почвенная карта наиболее освоенной части газоконденсатного месторождения Среднего Приангарья. Территория исследования входит в Северо-Прибайкальскую горную провинцию с подзолистыми (Podzols), дерново-подзолистыми (Folic Retisols) почвами, торфяно-подзолами (Histic Podzols), торфяно-криоземами (Histic Cryosols), серогумусовыми (Cambisols) и темnogумусовыми (Phaeozems) почвами. Выявлено природное разнообразие почвенного покрова и уровни содержания в нем макро- и микроэлементов. Установлено, что в почвах некоторых площадок обустройства газоконденсатного месторождения содержание нефтепродуктов, свинца, цинка, никеля и хрома превышает фоновые значения и санитарно-гигиенические нормы. На территории базы и некоторых буровых скважин месторождения изменился состав почвенных вод, наблюдается хлоридное засоление почв. Проведено экологическое районирование территории по категориям значимости для человека и экосистемы и чувствительности почв к антропогенному воздействию. Большая часть территории месторождения пригодна для использования и освоения. Рекомендуется отказаться от использования высокозначимых почв мерзлотно-таежных и ценных коренных ландшафтов, а также высокочувствительных почв крутых склонов. В зону преимущественного улучшения с последующим переводом в категорию экстенсивного использования отнесены участки с сильно нарушенным напочвенным покровом и дерновым горизонтом.

Ключевые слова: картографирование, загрязнение, экологическое районирование, газоконденсатное месторождение, Иркутская область

DOI: 10.31857/S0032180X20020021

ВВЕДЕНИЕ

В северной части Лено-Ангарского плато расположено Ковыктинское газоконденсатное месторождение (КГКМ) — одно из самых крупных на территории Восточной Сибири.

Основные загрязнители окружающей среды при строительстве скважин — буровые и тампонажные растворы, шлам, буровые сточные воды, пластовые минерализованные воды, продукты испытания скважин, продукты сгорания топлива, материалы для приготовления, обработки растворов для бурения и крепления скважин, горюче-смазочные материалы, хозяйственно-бытовые сточные воды. Наряду с техногенным источником солевого загрязнения, существует природный — пластовые рассолы (глубинные подземные воды, которые оказываются на поверхности в процессе добычи газа). При глубинном бурении случаются аварийные выбросы напорных подземных вод.

Нефтяную эколого-геохимическую тематику начали разрабатывать в МГУ им. М.В. Ломоносова под руководством М.А. Глазовской и В.Н. Флоровской. В начале 1970-х гг. М.А. Глазовская создала новое научное направление — геохимию техногенных ландшафтов [14, 15, 42]. В.Н. Флоровская была ведущим специалистом страны в области люминесцентной битуминологии, геохимии углеродистых веществ в горных породах, геохимических методов поисков месторождений нефти и газа [44]. Н.П. Солнцевой, Ю.И. Пиковским, Т.А. Теплицкой и др. разработаны схемы районирования территории по типам возможных изменений природной среды при нефтедобыче, строительстве нефтепроводов и транспортировке нефти, проведено обоснование системы фонового мониторинга техногенных углеводородов [31, 34, 39, 40].

Добыча нефти и газа сопровождается существенными изменениями геологической среды.

Снижение пластового давления вызывает уплотнение пород и постепенную усадку земной поверхности, что может приводить к увеличению заболоченности территории и увеличению мощности сезонно-талого слоя [20]. В районах добычи, транспортировки, хранения и переработки нефти наблюдается нефтяное загрязнение почв [17, 32, 37, 41]. Водянистым с соавт. [11, 12] выявлено, что в торфе, загрязненном нефтью, резко увеличивается зольность, а в золе торфа — обогащенность ТМ. Анализ почвогрунтов и донных отложений Одинцовой и Бачуриным [30] показал, что при отсутствии визуальных признаков нефтезагрязнения наибольшее содержание органических соединений характерно для проб торфяников.

Почвенно-географическое изучение территории Лено-Ангарского плато проводилось в период разведки месторождения [1, 23, 36], а в период его освоения детальные почвенно-геохимические исследования были сосредоточены непосредственно в районе КГКМ [24, 28, 29].

Цель работы — картографирование почв газоконденсатного месторождения Иркутской области и экологическое районирование территории по категориям значимости (для человека и экосистемы) и чувствительности почв к антропогенному воздействию.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Газоконденсатное месторождение расположено в междуречье Лены и ее правого притока Киренги (рис. 1). Основной морфоструктурой является Лено-Ангарское плато.

Согласно физико-географическому районированию [43], на территории Среднего Приангарья выделены таежные, в том числе мерзлотно-таежные ландшафты равнин и низогорий таежной области Среднесибирской страны. По геоботаническому районированию [4] район исследования относится к Верхнеленскому горно-таежному кедровому округу Лено-Ангарской горно-таежной провинции Среднесибирской таежной области. В соответствии с более детальной геоботанической картой [25] выделяются горные редколесные (лиственница Гмелина (*Larix gmelinii*), лиственница (*Larix sibirica*), кедр (*Pinus sibirica*), ель и пихта сибирские (*Picea obovata*, *Abies sibirica*), хвойные (пихта, кедр, ель и лиственница сибирские) южно-Сибирские и горно-равнинные хвойнолесные (лиственница Гмелина; ель и кедр сибирские), горно-котловинные хвойно-лесные (сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*); лиственница, кедр, пихта и ель сибирские) среднесибирские формации.

Основная часть площади месторождения приходится на лесные земли — 94%. Площадь терри-

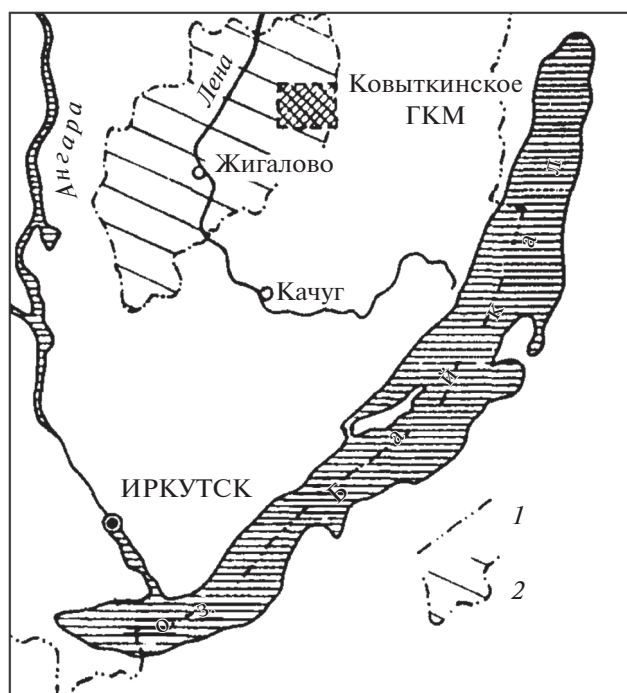


Рис. 1. Местоположение Ковыткинского газоконденсатного месторождения; границы: 1 — южной части Иркутской области; 2 — территории КГКМ с обозначением в ее пределах участка мониторинговых исследований в районе п. Жигалово.

тории, не покрытая лесом, невелика (6%) и представлена лугами и кустарниками долин, горными редколесьями, каменистыми мохово-лишайниковыми и кустарничково-травяными пустошами. На дороги, буровые площадки и другие объекты производственно-бытового назначения приходится около 0.5% площади месторождения [45].

Объект исследования — почвы Ковыткинского газоконденсатного месторождения Иркутской области, действующего с 1987 г. Площадь Ковыткинского лицензионного участка, на котором ведется основная добыча газа, составляет около 4.4 тыс. км². В 2005–2012 гг. проводили почвенно-геохимические работы на Лено-Ангарском плато с отбором проб почв. Отбор проб почвы вели в соответствии с действующими ГОСТ 17.4.3.01-83 и методическими рекомендациями по выявлению деградированных и загрязненных земель [26]. Всего заложено более 250 почвенных разрезов, из которых для физико-химических анализов отобрали более 600 образцов. Диагностику почв осуществляли на основе морфологических описаний в соответствии с принципами Классификации и диагностики почв России [21].

Химические анализы почв проводили по общепринятым методикам в лицензированном химико-аналитическом центре Института географии СО РАН. Валовые концентрации металлов определяли

атомно-эмиссионном спектральном методом на приборе Optima 2000DV (ПНДФ 16.1:2.3:3.11-98). Общее содержание и качественный состав легко-растворимых солей исследовали в водной вытяжке [3]. Актуальную кислотность водной суспензии (pH_{H_2O}) — потенциометрическим методом (ГОСТ 26212-91). Содержание органического углерода ($C_{орг}$) — методом мокрого сжигания по Тюрину [3]. Концентрацию нефтепродуктов в пробе — флуориметрическим методом. Экологическое районирование территории осуществляли с использованием методики определения целей использования почв в ландшафтном планировании, разработанной сотрудниками ИГ СО РАН [35].

Почвы

Согласно почвенно-географическому районированию [19], территория исследования входит в Северо-Прибайкальскую горную провинцию. По почвенно-экологическому районированию [6, 27] территория исследования входит в округ высоких (со средними высотами 900–1000 м, с запада на восток высотные отметки изменяются от 700 до 1508 м) плато с подзолистыми, торфяно-подзолами, торфяно-криоземами, серогумусовыми, темногумусовыми и дерново-подзолистыми почвами. Округ включен в провинцию подзолистых, буроземов, серых и темногумусовых почв Иркутского амфитеатра.

На основе опубликованных материалов [1, 13, 23, 24, 28, 29, 33] и результатов проведенных исследований выявлены следующие основные типы почв: подзолы, дерново-подзолы, торфяно-подзолы, подзолистые, дерново-подзолистые, буроземы, буроземы темногумусовые, криоземы, торфяно-криоземы, подбуры, дерново-подбуры, торфяно-подбуры глеевые, темногумусовые, перегнойно-темногумусовые, серогумусовые, карбопелоземы, карболитоземы темногумусовые и перегнойно-гумусовые, слоисто-аллювиальные (гумусовые), аллювиальные темногумусовые и гумусовые, аллювиальные перегнойно-глеевые, аллювиальные торфяно-минеральные и торфяно-глеевые. Техноземы имеют локальное распространение на площадках буровых скважин. Их профиль маломощный, морфологически не дифференцирован часто состоит из минеральных, иногда перемешанных горизонтов. После консервирования буровых площадок происходит восстановление почвенно-растительного покрова. На площадке буровой скважины КГКМ по истечении 10 лет после консервирования в подрасте восстановительной серии ландшафта наблюдается небольшой мощности подстилка (до 5 см) и дерновый горизонт (до 3 см), увеличение содержания гумуса в верхнем горизонте почв в 1.5 раза. Однако период самовосста-

новления мерзлотно-таежных и тундровых ландшафтов может длиться сотни лет [40].

На основе полевых исследований с использованием тематических карт (геологических, топографических, растительности), а также космо- и фотоснимков, составлена почвенная карта Ковыктинского газоконденсатного месторождения (рис. 2, табл. 1).

Почвенный покров разнообразен. В его формировании ведущая роль (на фоне биоклиматических факторов) принадлежит рельефу и почвообразующим породам. Абсолютная и относительная высота местности, экспозиция и крутизна склонов — показатели, определяющие природные особенности территории в естественном состоянии и устойчивость почвенного покрова к нарушениям. На пологих склонах северной экспозиции и в долинах рек встречается многолетняя или медленно оттаивающая сезонная мерзлота, что отражается на характере почвенно-растительного покрова. Широко распространены карбонатные породы — известняки и доломиты, вместе с песчаниками и аргиллитами слагающие водораздельные поверхности и верхние части склонов. Нижние части склонов сложены верхнекембрийскими отложениями верхнеленской свиты, представленными красноцветными карбонатно-силикатными песчаниками и мергелями. В нижней подсвите преобладают мергели, а в верхней — песчаники [46]. Эта особенность пород оказалась существенным фактором в формировании почв и их устойчивости.

Дифференцирующая роль мезорельефа проявилась в закономерной смене групп типов почв от вершин увалов к долинам рек. Так, водораздельные поверхности преимущественно заняты торфяно(дерново)-подзолами, (торфяно)-подбурами и криоземами в сочетании с подзолистыми перегнойными и подбурами перегнойными. На крутых склонах развиты буроземы, карболитоземы темногумусовые и перегнойно-гумусовые, карбопелоземы. На покатых склонах доминируют подзолистые, дерново-подзолистые (остаточно-карбонатные), дерново-подбуры, встречаются буроземы темногумусовые.

В подгольцовом и горнотаежном поясах под ассоциациями с лишайниковыми, моховым и кустарничковым напочвенным покровом распространены подбуры. На доломитах и карбонатных песчаниках формируются подзолистые и дерново-подзолистые достаточно-карбонатные почвы. На красноцветных карбонатно-силикатных отложениях встречаются буроземы оподзоленные, буроземы темногумусовые по классификации [21] (бурые лесные, дерново-карбонатные выщелоченные по классификации [22]).

Большинство почв Ковыктинского газоконденсатного месторождения по сопротивляемости к внешним воздействиям и способности к восста-

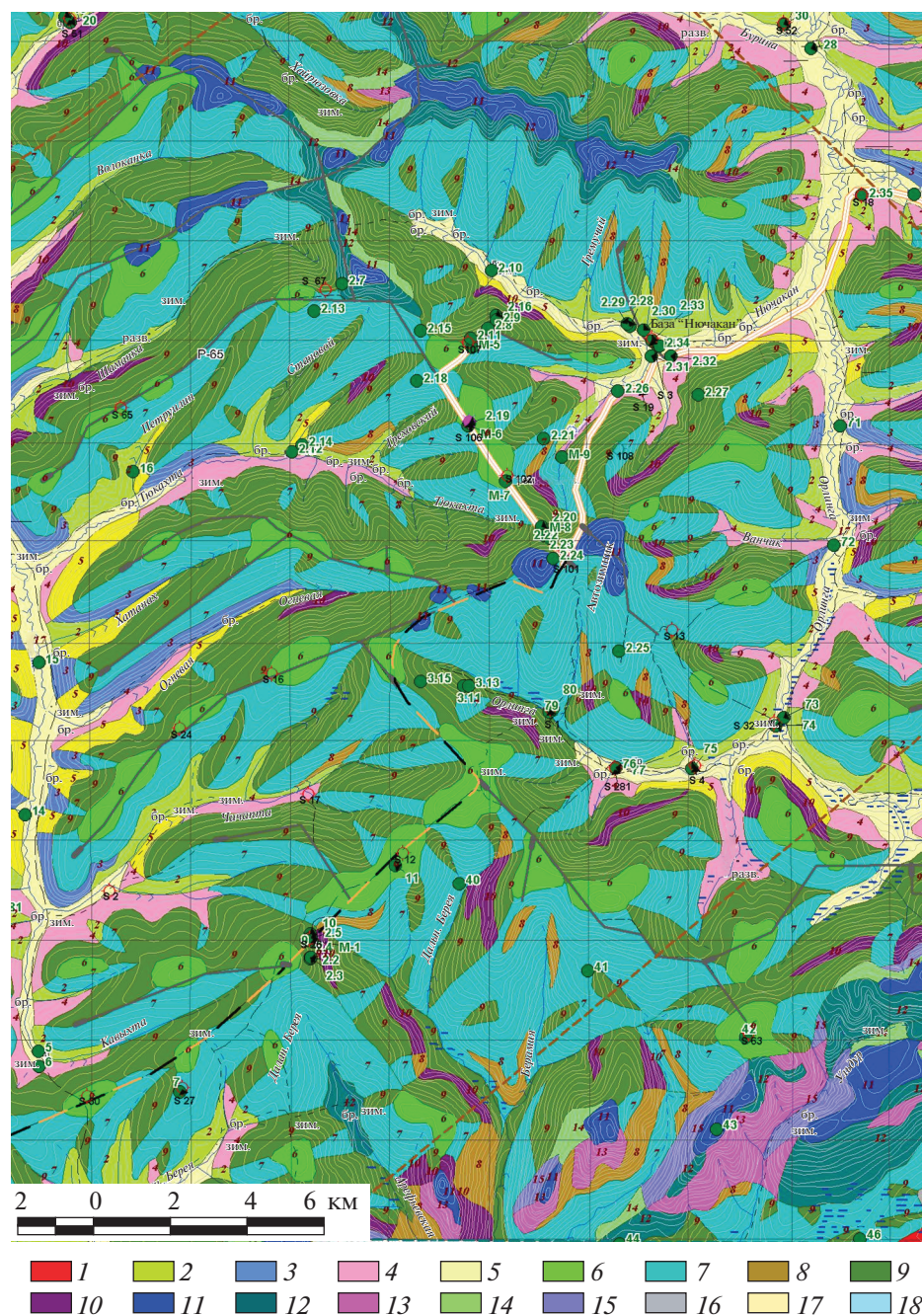


Рис. 2. Почвы центрального участка Ковыктинского ГКМ (табл. 1).

новлению нарушенных свойств можно отнести к среднеустойчивым [7]. Критериями устойчивости почв для дальнейшего освоения и хозяйственного использования территории являются: крутизна склона, степень покрытия поверхности почвенно-растительным покровом; наличие многолетней мерзлоты; гранулометрический состав, развитость и мощность почвенного профиля и т.п. В целом устойчивость почв уменьшается от невысоких выровненных поверхностей или пологих склонов с

увеличением высоты и крутизны склонов. В этом же направлении происходит смена суглинистых отложений каменистыми с малой мощностью рыхлой толщи, ухудшается теплообеспеченность. В северной части месторождения наблюдается невысокая устойчивость почв, так как там широко распространены мерзлотные почвы. Многолетняя мерзлота в почвах с мохово-перегнойным и торфянистым горизонтами зафиксирована на глубине 35–40 см и реже 60 см.

Таблица 1. Легенда к карте “Почвы Ковыктинского ГКМ”

№ контура	Основные почвы	Сопутствующие почвы (около 15–20% от площади контура)	Встречающиеся почвы (около 5–10% от площади контура)	Рельеф	Подстилающие и коренные породы
1	Торфяно-криоземы	Торфяно-подзолы	Торфяно-подбуры глеевые	Водораздел с абс. выс. 650–1070 м	Красноцветные карбонатно-силикатные отложения
2	Подбуры иллювиально-гумусовые	Буроземы оподзоленные	Серогумусовые типичные	Южный пологий склон (с клоном <15°)	
3	Дерново-подзолистые остаточнокарбонатные	Серогумусовые глинисто-иллювиальные	Буроземы типичные	Южный склон средней крутизны (15°–30°)	
4	Криоземы	Торфяно-криоземы	Торфяно-подбуры глеевые	Северный пологий склон (<15°)	
5	Торфяно-подзолистые	Дерново-подзолистые остаточнокарбонатные	Буроземы темные	Северный склон средней крутизны (более 15°–30°)	
6	Дерново-подзолистые типичные	Подзолистые типичные	Подбуры грубогумусированные	Водораздел абс. выс. 700–1080 м	Пестроцветные карбонатные песчаники, алевролиты, известняки, мергели, аргиллиты
7	Подзолистые остаточнокарбонатные	Карболитоземы темногумусовые глинисто-иллювиальные	Серогумусовые глинисто-иллювиальные	Южный пологий склон (<15°)	
8	Карбопетроземы	Карболитоземы темногумусовые	Буроземы темные остаточнокарбонатные	Южный крутой склон (>30°)	
9	Карболитоземы перегнойные	Дерново-подзолистые, темногумусовые глинисто-иллювиальные	Карболитоземы перегнойные	Северный пологий склон (<15°)	
10	Карболитоземы темногумусовые	Карболитоземы темногумусовые глинисто-иллювиальные	Темногумусовые глинисто-иллювиальные	Северный крутой склон (>30°)	
11	Подзолы	Дерново-подзолы	Торфяно-подзолы	Водораздел абс. выс. 500–800 м	Бескарбонатные песчаники, алевролиты, аргиллиты
12	Криометаморфические грубогумусовые	Органо(перегнойно)-криометаморфические	Дерново-подзолы	Южный пологий склон (<15°)	
13	Буроземы оподзоленные	Подбуры оподзоленные	Дерново-подзолистые	Южный склон средней крутизны (15°–30°)	
14	Подбуры перегнойные	Подзолистые перегнойные	Дерново-подзолистые оподзоленные, криоземы	Северный пологий склон (<15°)	
15	Подбуры оподзоленные	Дерново-подзолистые	Буроземы	Северный склон средней крутизны (15°–30°)	
16	Темногумусовые метаморфизованные, аллювиальные гумусовые	Перегнойно-темногумусовые	Аллювиальные темногумусовые, криоземы	Высокие террасы	Красно-бурые пески, супеси с иногда карбонатной галькой

Таблица 1. Окончание

№ контура	Основные почвы	Сопутствующие почвы (около 15–20% от площади контура)	Встречающиеся почвы (около 5–10% от площади контура)	Рельеф	Подстилающие и коренные породы
17	Аллювиальные темногумусовые	Аллювиальные гумусовые, слоисто-аллювиальные	Аллювиальные перегнойно-глеевые, торфяно-минеральные, торфяно-глеевые, торфяно-криозем глееватый	Пойма, террасы средней высоты	Аллювий с разнообразными породами: от илов и глин до песчано-галечниковых отложений
18	Аллювиальные торфяно-минеральные, торфяно-глеевые	Аллювиальные перегнойно-глеевые, темногумусовые (глеевые)	Слоисто-аллювиальные гумусовые, торфяно-криозем глееватый	Низкая пойма	Мощные торфяники с разнообразными аллювиальными отложениями (от глин до песчаных отложений)

Практически во всех почвах территории наблюдаются пирогенные изменения (прогорание подстилки и органических горизонтов, остатки древесного угля, изменение органического вещества, реакции почв и т.п.) в результате лесных пожаров в разное время и в различной степени. На отрицательных элементах рельефа в связи с дополнительным поступлением талых вод усиливается заболачивание (в случае уничтожения растительности в результате вырубок и пожаров). С повышением увлажнения собственно торфяно-криоземы эволюционируют в торфяно-криоземы глеевые, а в дальнейшем – в торфяно-глееземы. В мерзлотных подзолистых почвах при этом также развиваются процессы оглеения и оторфования.

На территории котлованов, выемок, канав и насыпей возобновление растительности затруднено из-за отсутствия почвенного покрова, бедности элементами питания и неблагоприятных водно-физических свойств подстилающих пород. На склонах в условиях не только с многолетней, но и с сезонной мерзлотой, нарушение почвенно-растительного покрова приводит к развитию солифлюкции [24].

Всего площадь нарушенных земель на территории Ковыктинского газоконденсатного месторождения составляет 0.25% общей территории, так как территория слабо освоена. Средняя плотность населения территории исследования составляет от 0.3 до 1 чел./км² [4].

Загрязнение почв

В табл. 2 и рис. 3 приведены результаты анализов некоторых свойств почв. Выявлено, что реак-

ция среды почвенной суспензии (pH_{H_2O}) имеет широкий диапазон от кислых до щелочных значений. Верхние горизонты лесных почв на карбонатных породах обладают реакцией, близкой к нейтральной. Дерново-подзолистая почва отличается постоянно слабокислой реакцией по всему профилю. Невысокая кислотность этих почв отражает провинциальную особенность среднесибирских почв с дифференцированным профилем и может быть объяснена сменой в недалеком прошлом моховых темнохвойных лесов травяными светлехвойными [13, 24].

Почвы на территории площадок буровых скважин часто имеют более щелочную реакцию за счет удаления верхних горизонтов или их перемешивания с почвообразующими породами, а также техногенных солевых потоков. Содержание органического углерода в верхних горизонтах почв естественных ландшафтов высокое, более 5% [29]. Эмбриоземы и техноземы [2] на площадках размещения буровых скважин имеют более низкое содержание органического углерода – от 0.1 до 1.7%. По анализу водной вытяжки естественные почвы не засолены. Водная вытяжка почв площадок давно эксплуатируемых буровых скважин и базы “Нючакан” имеет хлоридно-кальциевый и хлоридно-натриевый состав. Общее количество минеральных солей водной вытяжки почв достигает 0.15%. Сильная минерализация была отмечена в 2005–2006 гг. в почве (хемозем) вблизи нерекультивированной буровой скважины в верховьях р. Типуй (1.7%) и в районе буровой скважины 18 (5.6%), на которой произошла авария в 2004 г. Авария связана с выбросом на поверхность 2200 м³ напорного пластового вы-

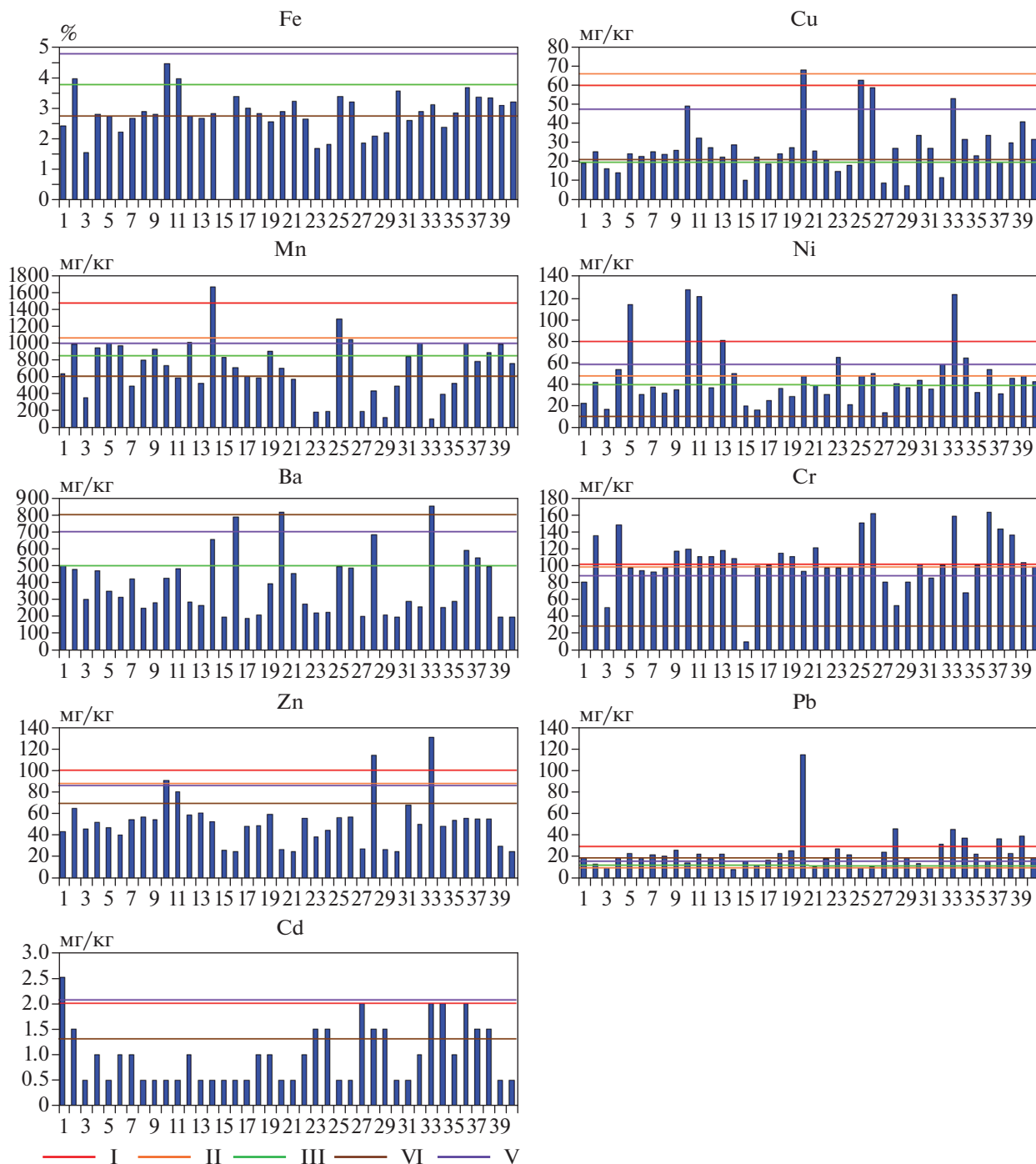


Рис. 3. Содержание Fe и микроэлементов в почвах КГКМ. Местоположение, почва, горизонт: скв. 70, дерново-подбур: 1 – гор. АУ, 2 – [АУ]; скв. 70, кризом грубогумусированный турбированный: 3 – Оао, 4 – [CR + Оао]tr; скв. 70, кризом грубогумусированный турбированный: 5 – Оао, 6 – [CR + Оао]tr; скв. 70, дерново-подбур турбированный: 7 – [АУ + BF]tr; скв. 70, дерново-подбур: 8 – АУ, 9 – BF; скв. 70, бурозем: 10 – АУ, 11 – ВМ; скв. 70, бурозем: 12 – АУ, 13 – ВМ [АУ]; скв. 70, технозем: 14 – ВМ; скв. 107, дерново-подбур: 15 – АУ, 16 – АУ/BF; 70 м от скв. 107 на С–3, подбур грубогумусированный: 17 – Оао, 18 – BF; скв. 106, торфяно-подбур: 19 – ВНFg; скв. 102, дерново-подбур: 20 – АУ, 21 – BF; ПАЭС, Ю–В край площадки, технозем: 22 – АУ/BF; 128 м на Ю–В от ПАЭС, торфяно-подбур: 23 – BF; ПАЭС, торфяно-подбур: 24 – BF; 545 м от ПАЭС на С–3, дерново-подбур: 25 – АУ, 26 – BF, 27 – С; скв. 101, подзолистая грубогумусовая: 28 – Оао, 29 – EL; скв. 101, дерново-подзолистая: 30 – АУ; скв. 104, кризом грубогумусированный: 31 – Оао; скв. 67, дерново-подзолистая: 32 – EL[АУ]; 200 м от скв. 67, подзол иллювиально-гумусово-железистый: 33 – О, 34 – Е, 35 – ВНF; С–3 угол базы “Нючакан”, дерново-подзолистая: 36 – АУ; Ю–В угол базы “Нючакан”, слоисто-аллювиальная: 37 – С[АУ]; база “Нючакан”, эмбриозем: 38 – С; база “Нючакан”, аллювиальная торфяно-минеральная: 39 – ТС, 40 – С[Т]. I – ПДК и ОДК для почв [ГН 2.1.7.2041-0636, ГН 2.1.7.2042-06]; II – региональный фон для почв Прибайкалья [16]; III – почвенный кларк по А.П. Виноградову [10], Добровольскому [19]; IV – кларк по А.П. Виноградову для кислых пород; V – кларк по А.П. Виноградову для литосферы [10].

Таблица 2. Химический анализ водной вытяжки почв ключевых участков КГКМ, 2012 г.

№ площадки	Почва	Горизонт, глубина, см	C _{орг} , %	pH	Водорастворимые, смоль(экв)/кг								Минера- лизация, %	
					HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	Ca ⁺	Mg ⁺	K ⁺		Na ⁺
10	Криозем грубогумусиро- ванный турбированный, скв. 70 Дерново-подбур, скв. 70 (26) Технозем, скв. 70(26) Дерново-подбур, скв. 107 (М-5) Дерново-подбур, скв. 106	Оао, 7–19	65.7*	5.4	0.420	0.080	0.283	Не обн.	Не обн.	0.500	0.210	0.041	0.029	0.146
[CR + Оао]tr, 19–20		3.1	5.9	0.092	0.020	0.102	»	»	0.078	0.152	0.101	0.002	0.017	0.016
AY, 3–19		6.0	7.07	0.022	0.176	0.225	»	»	0.005	0.171	0.068	0.006	0.209	0.035
BF, 19–37		2.2	7.34	0.464	0.600	0.204	»	»	0.007	0.457	0.139	0.022	0.682	0.086
BM, 2–4		1.7	8.25	0.791	0.658	0.363	Следы	Следы	Следы	0.375	0.142	1.193	0.222	0.111
15 Р	Дерново-подбур, скв. 107 (М-5)	AY, 4–11	5.6	5.54	0.850	0.206	0.217	Не обн.	Не обн.	0.600	0.225	0.043	0.204	0.038
AY/BF, 11–25		1.2	5.35	0.130	0.375	0.125	Следы	Следы	1.138	0.018	0.338	0.129	0.081	
16 Р (М-6)	Дерново-подбур, скв. 106	AY, 5–13	14.4	7.00	0.875	0.538	0.604	Не обн.	Не обн.	0.750	0.625	Следы	0.542	0.111
BF, 13–28		3.7	5.79	0.105	0.118	0.121	Следы	Следы	0.095	0.055	0.130	0.066	0.022	
17 Р (М-7)	Дерново-подбур, скв. 102	AY, 5–11	12.5	4.71	0.175	0.662	0.704	Не обн.	Не обн.	0.575	0.350	0.373	0.230	0.103
BF, 11–29		2.7	4.91	0.050	0.138	0.096	»	»	»	0.135	0.060	0.069	0.008	0.119
18 Р	Эмбриозем, ПАЭС	B, 2–18	0.6	4.78	0.925	0.575	0.531	»	»	1.300	0.375	0.371	0.108	0.121
2.20		B, 15–35	0.8	5.92	0.086	0.034	0.092	»	»	0.147	0.067	0.006	0.005	0.015
2.23	Дерново-подбур, ПАЭС	AY, 10–20	2.4	7.49	0.134	0.022	0.112	»	»	0.158	0.116	0.008	0.003	0.019
BF, 20–29		1.3	7.25	0.120	0.064	0.112	»	»	»	0.243	0.057	0.003	0.008	0.021
2.24	Подзолистая грубогумосо- вая, скв. 101	C, 29–40	0.2	5.28	0.052	0.024	0.112	»	»	0.072	0.092	0.004	0.009	0.012
EL, 15–25		2.2	5.46	0.114	0.040	0.087	»	»	»	0.156	0.088	0.005	0.005	0.017
19 Р (М-9)	Дерново-подзолистая, скв. 101	Оао, 7–15	12.6	5.73	0.775	0.338	0.104	»	»		0.275	0.024	0.345	0.066
2.27		Оао, 0–15	–	7.73	0.376	0.068	0.115	»	0.008	0.418	0.134	0.007	0.015	0.042
2.1	Криозем грубогумусиро- ванный, скв. 104	EL[AY], 15–28	1.6	5.19	0.018	0.048	0.158	»	Не обн.	0.036	0.092	0.011	0.068	0.021
2.15		E, 5–9	0.8	5.15	0.082	0.216	0.137	»	0.025	0.116	0.071	0.074	0.207	0.031
2.33	Подзол иллювиально- железистый, скв. 67	ВНФ, 9–20	3.2	5.04	0.064	0.059	0.124	»	0.006	0.096	0.068	0.006	0.067	0.016
Эмбриозем, база “Нюча- кан”		C, 0–20	0.1	7.20	0.224	0.240	0.0137	»	Не обн.	0.304	0.100	0.006	0.206	0.041
14 Р (М-4)	Аллювиальная торфяно- минеральная, база “Нюча- кан”	ТС, 4–11	65.7*	5.66	0.800	0.586	0.558	»	0.014	0.950	0.200	0.357	0.312	0.116
С[Т], 11–25		–	6.11	0.135	0.090	0.073	0.001	Не обн.	Не обн.	0.235	0.040	0.004	0.009	0.132

* Потери при прокаливании.

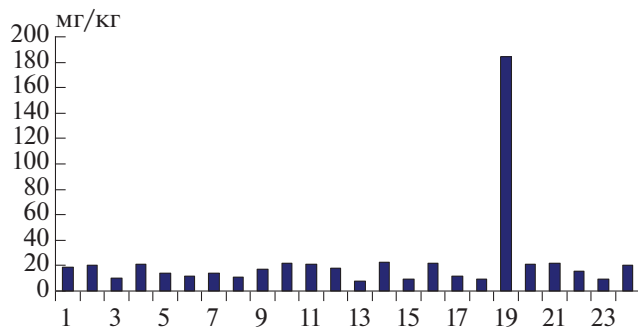


Рис. 4. Содержание нефтепродуктов в почвах КГКМ. Местоположение, горизонт: 1 – скв. 70, BF; 2 – скв. 70, AY; 3 – скв. 70, [AE]; 4 – скв. 70, Oao; 5 – скв. 70, [CR + Oao]tr; 6 – скв. 70, Oao; 7 – скв. 70, [CR + Oao]tr; 8 – скв. 70, [AY + BF]tr; 9 – скв. 70, AY; 10 – скв. 70, AY; 11 – скв. 70, BM; 12 – скв. 70, AY; 13 – скв. 107, P; 14 – 70 м от скв. 107 на С–3, Oao; 15 – скв. 106, BM; 16 – скв. 106, AY; 17 – скв. 102, BM; 18 – скв. 101, P; 19 – ПАЭС, BF; 20 – 1 км от скв. 102, ПАЭС, BF; 21 – скв. 104, AY; 22 – скв. 67, AY; 23 – база “Нючан”, BM; 24 – около скв. 108, AY.

сокоминерализованного рассола (рапы) с глубины около 2000 м (зона контакта бельской и усольской свит нижнего кембрия) и стеканием потока рапы в долину р. Орлингская Нюча [5]. Жидкая фаза потока имела сильноокислую среду (рН 3.3–3.5), обусловленную высокой концентрацией Cl^- (370–390 г/дм³). В общей минерализации этого рассола (700–730 г/дм³) среди катионов преобладал Ca^{2+} (около 200 г/дм³). Через несколько дней после аварийного выброса водная вытяжка из верхнего слоя почвы под рапой содержала в смоль(экв)/кг: Cl^- – 370–800, Ca^{2+} – 290–600, NH_4^+ – 80–260, Mg^{2+} – 60–200, Na^+ и K^+ – 25–200, общая сумма минеральных солей – 825–2886 [29].

Почвенные растворы фоновых участков часто гидрокарбонатно-кальциевые, реже – сульфатно-кальциевые. Концентрация в них ионов в ммоль(экв)/дм³: HCO_3^- – 0.1–0.5 (в среднем 0.2), Ca^{2+} – 0.2–0.8 (0.4), SO_4^{2-} – 0.02–0.21 (0.06), Cl^- – 0.01–0.20 (0.05), Na^+ – 0.01–0.06 (0.02) [29].

По результатам химических анализов экологическое состояние почв площадок буровых скважин в основном характеризуется как относительно неудовлетворительное. Содержание Mn, Zn, Ni, Cr и Pb в почвах буровых площадок превышает региональный фон Прибайкалья [16] в 1.2–12 раз. На некоторых буровых площадках содержание цинка, никеля, хрома и свинца в почвах превышает санитарно-гигиенические нормы (ГН 2.1.7.2041-06, ГН 2.1.7.2042-06) в 1.2, 1.3, 1.6 и 3.7 раз соответственно. В почвах площадок обустройства месторождения, которые эксплуатируются более 30 лет, повышенные содержания химических элементов выявлены на глу-

бине более 20 см. Концентрация определенных химических элементов в большинстве почв фоновой территории близка к их кларкам в литосфере и кислых породах.

В результате проведенных исследований химического состава 518 образцов выявлено, что фоновые уровни (среднее содержание на условно чистой территории) КГКМ для Fe, Mn, Ba, Zn, Cu, Ni, Cr, Pb и Cd в почвах центральной зоны КГКМ составили 37539, 683, 308, 42, 19, 48, 92, 18 и 0.8 мг/кг соответственно. Концентрация марганца, бария, цинка, меди, никеля, хрома, свинца и кадмия в почвах площадок буровых скважин превышает фоновые значения, установленные для территории КГКМ, в 1.9, 2.5, 2.2, 3.6, 2.6, 1.7, 6.3 и 3.1 раз соответственно.

Как следует из рис. 4, повышенное содержание нефтепродуктов (184 мг/кг) в почве для данного региона, превышающее фоновое содержание в 8 раз, но не превышающее ОДК (1000 мг/кг), зафиксировано в районе передвижной автоматизированной газотурбинной электростанции (ПАЭС). Фоновое содержание нефтепродуктов для территории Ковыктинского газоконденсатного месторождения, не затронутой деятельностью человека, составляет в среднем 21.7 мг/кг [29].

Экологическое районирование

Степень нарушения почвенного покрова в зоне освоения КГКМ высокая, но имеет локальный характер. Кроме трансформации всех ландшафтных компонентов на буровых площадках и линейных сооружениях, происходят нарушения почвенно-растительного покрова и природных вод под воздействием пирогенного и других антропогенных факторов. Для решения проблемы загрязнения почв проведено экологическое районирование территории по категориям значимости для их хозяйственного использования и сохранения ценных коренных темнохвойных лесов, а также чувствительности почв к возможным антропогенным воздействиям.

Ресурсное значение почв оценивали с позиций их потенциальной возможности к использованию в лесном и сельском хозяйстве. Поскольку преобладают территории с естественным растительным покровом, в качестве критерия оценки значения большей части почв использовали их способность к поддержанию естественной биологической продуктивности растительных сообществ.

Днища долин и их склоны представляют участки наибольшего экологического риска попадания загрязнителей в речную систему. Склоновые территории, не имеющие с водотоками непосредственной связи, и где почвенно-растительный покров, являясь площадным сорбционным барьером, имеет

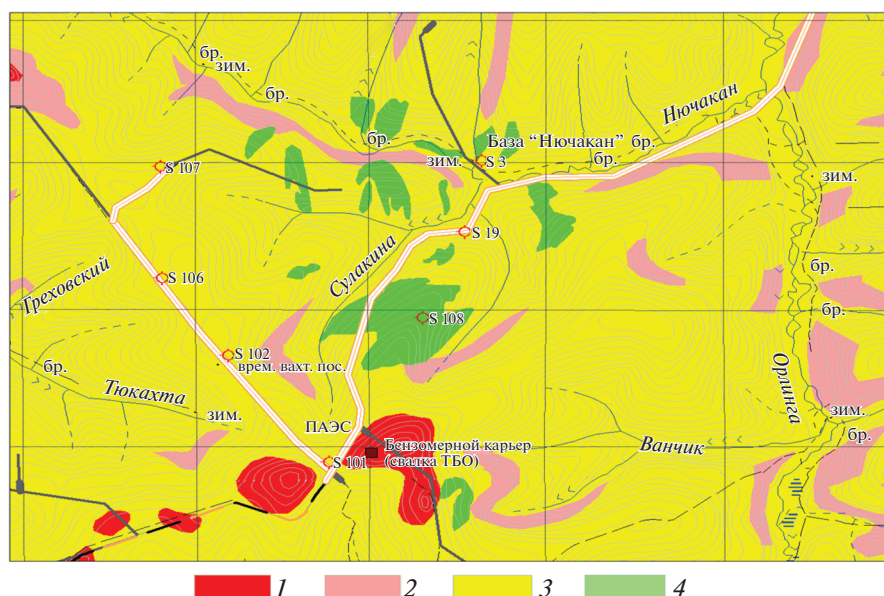


Рис. 5. Почвенно-экологическое районирование территории центрального участка КГКМ (см. табл. 3).

высокий потенциал самоочищения, относится к зонам среднего экологического риска. Пониженный риск свойственен элювиальным геосистемам уплощенных вершин плато, структурных останцов, удаленных от речных долин.

По показателям значимости и чувствительности почв, а также составленной почвенной карте построена схема экологического районирования, согласно общей концепции ландшафтного планирования [35], ориентированной на сохранение почвенного покрова и поддержания плодородия почв, а также на минимизацию механического и химического воздействия при разработке и эксплуатации газоконденсатного месторождения. Выделены три целевые зоны: сохранение, развитие и улучшение (рис. 5, табл. 3, 4).

Оценку значимости и чувствительности почв проводили на основе ряда критериев, которые выбирали с ориентацией на приоритетную цель использования. Основная цель — сохранение и

повышение биологической продуктивности растительных сообществ.

Противоэрозионная устойчивость почв определяется, прежде всего, состоянием растительности, так как развитый растительный покров почти полностью защищает земли от эрозии.

Основная целевая функция использования территории — поддержание естественной биологической продуктивности растительных сообществ (табл. 4). Для каждого типа леса учитывали запас древесины с корректировкой на возраст и полноту древостоя, устанавливали связь растительности (коренной или производной) с почвами и включали такие почвенные показатели, как мощность гумусового горизонта, гранулометрический состав, каменистость, заболоченность, наличие мерзлоты.

Чувствительность почв к техногенному воздействию (механическому нарушению и химическому загрязнению) оценивали в четырех категориях (очень высокая, высокая, средняя, низкая).

Таблица 3. Легенда к карте "Почвенно-экологическое районирование территории центрального участка КГКМ"

№ единицы легенды (рис. 5)	Цель	
1	Преимущественно сохранение современного состояния/использования	Отказ от использования
2		Сохранение существующего устойчивого экстенсивного использования или перевод в эту категорию
3	Преимущественно развитие существующего и планируемого использования	Экстенсивное развитие
4	Преимущественно улучшение/санация	Улучшение с последующим переводом в категорию экстенсивного использования

Таблица 4. Почвы и биологическая продуктивность растительных сообществ

Почвы	Растительные сообщества	Биопродуктивность	
		лесов (запас древесины), м³/га	лугов (поедаемая масса), ц/га
Высокое значение			
Торфяно(дерново)-подзолы, торфяно(дерново)подбуры, криометаморфические грубогумусовые, торфяно-криоземы, органо(перегнойно)-криометаморфические, подзолистые перегнойные, подбуры перегнойные мощные слабокаменистые на вершинных поверхностях, пологих и покатых склонах	Темнохвойные коренные с участками светлехвойных и производные на их месте	>200	>10
Темногумусовые, перегнойно-темногумусовые, аллювиальные темногумусовые на пологих придолинных склонах южной экспозиции, в долинах рек	Придолинные пологосклонные, долинные луговые злаково-разнотравные, осоково-разнотравные		
Среднее значение			
Буроземы, буроземы темногумусовые, подзолистые, дерново-подзолистые среднеспособные среднекаменистые на вершинных поверхностях, пологих и покатых склонах	Светлехвойные и темнохвойные на пологих склонах и водоразделах и производные на их месте	100—200	5—10
Аллювиальные перегнойно-глеевые и аллювиальные гумусовые в долинах рек	Долинные луговые разнотравно-осоковые, осоково-разнотравные		
Низкое значение			
Горные маломощные сильнокаменистые на крутых склонах: карболитоземы темногумусовые и перегнойные, карбопетроземы	Светлехвойные и темнохвойные преимущественно на крутых склонах	<100	<5
Аллювиальные торфяно-минеральные, торфяно-глеевые, торфяно-криоземы в долинах рек	Ерниковые из кустарниковых видов ив и берез в сочетании с осоково-сфагновыми, осоковыми, редко луговыми		

Ее устанавливали на основе почвенных (содержание гумуса, структура, плотность, сложение, гранулометрический состав) и геоморфологических (уклон поверхности) показателей. Процессы водной и ветровой эрозии почв могут проявиться на исследуемой территории при нарушении маломощного легкосуглинистого и песчаного почвенного покрова в результате чрезмерных антропогенных нагрузок, лесных пожаров, сведения леса, перевыпаса и распашки на крутых склонах. Выделены: 1 — высокочувствительные, 2 — среднечувствительные и 3 — низкочувствительные почвы.

Обобщенные результаты оценки степени риска нарушения почв в процессе строительства и эксплуатации объектов разведочной скважины представлены в табл. 5, где по 4-балльной шкале оценены значимость тех или иных комбинаций почвенного покрова с позиций их ценности для

формирования коренных ландшафтов, пригодности к использованию в земледелии и лесном хозяйстве, чувствительность почв к техногенному воздействию (к разрушению дернины, к химическому загрязнению), и сама степень экологического риска, определенная качественно путем суммирования баллов значимости и чувствительности. Чем больше баллов, тем больше чувствительность и значимость почв.

Наиболее крупные массивы *высокозначимых низкочувствительных почв* представлены темногумусовыми и перегнойно-темногумусовыми слабокаменистыми разностями почв плоских склонов. По своим продуктивным и растительным свойствам они относятся к числу лучших.

К *высокозначимым и высокочувствительным* относятся торфяно-подзолы, торфяно-подбуры почвы,

Таблица 5. Оценка риска нарушения комбинаций почвенного покрова в процессе строительства и эксплуатации объектов разведочных скважин

№ единицы легенды (рис. 2)	Назначение почв		Чувствительность к техногенным нагрузкам		Степень экологического риска
	хозяйственное использование	сохранение ценных коренных ландшафтов	нарушению	химическому загрязнению	
1	Низкое (1)	Высокое (3)	Высокая (3)	Высокая (3)	Высокая (10)
2	Среднее (2)	Среднее (2)	Средняя (2)	Средняя (2)	Средняя (8)
3	Среднее (2)	Среднее (2)	Средняя (2)	Средняя (2)	Средняя (8)
4	Низкое (1)	Высокое (3)	Высокая (3)	Высокая (3)	Высокая (10)
5	Низкое (1)	Очень высокое (4)	Высокая (3)	Средняя (2)	Высокая (10)
6	Среднее (2)	Среднее (2)	Средняя (2)	Средняя (2)	Средняя (8)
7	Среднее (2)	Среднее (2)	Средняя (2)	Средняя (2)	Средняя (8)
8	Низкое (1)	Низкое (1)	Очень высокая (4)	Высокая (3)	Высокая (9)
9	Низкое (1)	Низкое (1)	Очень высокая (4)	Высокая (3)	Высокая (9)
10	Низкое (1)	Низкое (1)	Очень высокая (4)	Высокая (3)	Высокая (9)
11	Низкое (1)	Очень высокое (4)	Высокая (3)	Средняя (2)	Высокая (10)
12	Низкое (1)	Высокое (3)	Высокая (3)	Высокая (3)	Высокая (10)
13	Среднее (2)	Среднее (2)	Средняя (2)	Средняя (2)	Средняя (8)
14	Среднее (2)	Среднее (2)	Средняя (2)	Средняя (2)	Средняя (8)
15	Среднее (2)	Среднее (2)	Средняя (2)	Средняя (2)	Средняя (8)
16	Высокое (3)	Низкое (1)	Низкая (1)	Средняя (2)	Низкая (7)
17	Высокое (3)	Низкое (1)	Средняя (2)	Средняя (3)	Средняя (8)
18	Низкое (1)	Низкое (1)	Высокая (3)	Очень высокая (4)	Высокая (9)

водораздельных поверхностей под ценными (для экосистемы) коренными кедровыми лесами. Среди них в качестве сопутствующих выделяются высокочувствительные подзолы, подзолы перегнойные, подбуры перегнойные, криоземы, торфяно-криоземы. Для них характерен низкий потенциал устойчивости. Нарушение торфянистых и перегнойных горизонтов приводит к резкому снижению их теплоизоляционных свойств, что может вызвать необратимые трансформации и деградацию почв при таянии многолетней мерзлоты. Происходит заболачивание с изменением физических и химических свойств почв в сторону ухудшения. Наличие мерзлотных почв ограничивает использование такой территории в поисково-промышленных целях.

Учитывая дефицит сельскохозяйственных земель, особую ценность представляют почвы речных долин. К ним относятся аллювиальные темно-гумусовые и гумусовые *низкочувствительные* к механическому воздействию, а также аллювиальные торфяно-минеральные, торфяно-глеевые почвы, *высокочувствительные*.

Среднезначимые среднечувствительные почвы занимают значительно большую площадь. Они представлены дерново-подбурами, подбурами, дерново-подбурами, дерново-подзолистыми, под-

золистыми, буроземами, буроземами темными на вершинных поверхностях, на пологих и покатых склонах.

Низкозначимые высокочувствительные почвы приурочены к крутым склонам и пониженным участкам речных долин. Первые отличаются коротким каменистым профилем, вторые — наличием мерзлоты. И те, и другие имеют плохие лесорастительные свойства. Почвы крутых склонов представлены широко распространенными комбинациями карболитоземов темногумусовых и карбо-петроземов и менее распространенных буроземов маломощных сильнокаменистых. Почвы низких пойм такие, как аллювиальные перегнойно-глеевые, аллювиальные торфяно-минеральные, аллювиальные торфяно-глеевые, криоземы и торфяно-криоземы, чувствительны и к механическому, и химическому воздействию. В первом случае чувствительность обусловлена наличием мерзлоты, во втором — высокой сорбционной емкостью торфа и перегнойно-гумусового горизонтов, а также присутствием мерзлотного грунта, являющегося механическим барьером.

Анализ значения и чувствительности почв позволяют сделать вывод о преобладающем распространении на территории Ковыктинского ГКМ

средне- и низкокочажимых почв средней и высокой степени чувствительности. Среднезначимые среднечувствительные почвы на данной территории представляют общий фон.

Преимущественно сохранение современного состояния/использования

Отказ от использования. В эту зону включены высококочажимые и чувствительные почвы: торфяно-подзолы, дерново-подзолы, подзолы.

Очень чувствительные к эрозионным процессам почвы: высококаменистые маломощные на крутых склонах — карболитоземы темногомусовые, карбопетроземы.

Мерзлотные и торфянистые — аллювиальные торфяно-минеральные, аллювиальные торфяно-глеевые, криоземы, торфяно-криоземы, криометаморфические грубогумусовые, органо(перегнойно)-криометаморфические.

Сохранение существующего устойчивого экстенсивного использования или перевод в эту категорию. Сюда вошли ценные почвы, обладающие хорошими предпосылками по биопродуктивности: дерново-подзолистые, буроземы темные, дерново-подбурьи на относительно выровненных поверхностях.

Преимущественно развитие существующего и планируемого использования. Экстенсивное развитие. В эту зону включены среднезначимые среднечувствительные почвы, находящиеся в настоящее время в экстенсивном использовании. Зона занимает обширную территорию. В ее пределах распространены:

— почвы вершинных поверхностей, пологих и покатых склонов под лесом: буроземы, подзолистые, подбурьи;

— почвы участков речных долин, используемые под сенокосы и пастбища: аллювиальные темногомусовые, гумусовые и перегнойно-глеевые.

Средняя чувствительность почв к водной эрозии и химическому загрязнению допускает развитие и использование отдельных частей выделенной территории. Прежде всего, это относится к участкам с уже сложившимся хозяйственным укладом или новыми способами хозяйствования, а также промышленного освоения. Такое использование почв должно носить преимущественно экстенсивный характер и быть ориентировано на

— перевод всех видов деятельности на экологически обоснованные методы ведения хозяйства и развитие тех новых видов деятельности, которые отвечают этим требованиям;

— использование методов ведения лесного хозяйства, способствующих сохранению лесных почв и их естественного плодородия:

— развитие пахотного земледелия и поддержку плодородия почв лугов с целью развития животноводства мясомолочного направления.

Преимущественно улучшение с последующим переводом в категорию экстенсивного использования. К этой зоне отнесены участки водоразделов и склонов с сильно нарушенным в результате пожаров и вырубок напочвенным покровом и дерновым горизонтом. Здесь должны быть реализованы следующие принципы улучшения: ориентация на естественное восстановление почвенного покрова, отказ от любого вида использования, повышение устойчивости почв к эрозионным процессам, сохранение указанной территории после проявления положительных результатов до полного восстановления свойственных для них растительных сообществ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Почвенный покров территории Ковыктинского газоконденсатного месторождения разнообразен. В формировании почв на фоне биоклиматических факторов ведущую роль играют литолого-геоморфологические. Значительную роль в почвообразовании играет многолетняя мерзлота. В результате проведенных исследований и анализа литературных данных выделено 26 основных типов и подтипов почв на данной территории. Вертикальная зональность, крутизна склонов и породы имеют определяющее влияние на формирование и пространственное распределение почв.

Наиболее трансформированными и загрязненными участками почв на территории месторождения являются площадки размещения буровых скважин. Здесь наблюдается слабое засоление и повышенное содержание цинка, никеля, хрома и свинца, превышающее санитарно-гигиенические нормы.

По категориям значимости и чувствительности почв проведено экологическое районирование исследуемой территории для потенциального их освоения и использования. Выявлено, что большая часть территории пригодна для использования, за исключением почв мерзлотно-таежных и ценных ландшафтов, например, кедровых лесов, а также крутых склонов. В результате освоения территорий мерзлотных ландшафтов наблюдаются процессы заболачивания, а на площадках крутых склонов могут активизироваться процессы эрозии почв.

В целом, природные особенности Лено-Ангарского плато — маломощные неустойчивые горнотаежные почвы на красноцветных породах, положение кедра и пихты на северной границе их ареалов, формирование в этих условиях чистого стока верховьев р. Лена — служит основанием для бережного отношения к этому уникальному ландшафту и

строгой регламентации техногенных нагрузок, ужесточения требований ко всем этапам освоения подземных ресурсов — от геолого-разведочных работ до рекультивации нарушенных земель.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абалаков А.Д., Нечаева Е.Г., Щетников А.Г. Почвенно-геохимическое картографирование для целей охраны окружающей среды // География и природные ресурсы. 1997. № 1. С. 25–33.
2. Андроханов В.А. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка. Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Новосибирск, 2005. 32 с.
3. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. 487 с.
4. Атлас Иркутской области / Отв. ред. Воробьев В.В. М., 2004. 90 с.
5. Белозерцева И.А. Воздействие на почвы // Природопользование Сибири. Серия монографий “География Сибири в начале XXI в.”. Иркутск, 2014. С. 244–257.
6. Белозерцева И.А., Сороковой А.А. Почвенно-экологическое районирование Байкальского региона // Геодезия и картография. 2018. № 10. С. 54–64.
7. Белозерцева И.А., Сороковой А.А. Устойчивость почв // Атлас развития Байкальского региона. Иркутск, 2017. <http://atlas.isc.irk.ru>
8. Белозерцева И.А., Рыжов Ю.В. Химический состав естественных и антропогенно нарушенных почв правобережного лесостепного Приангарья (на примере Боханского района Иркутской области) // Известия Иркутского гос. ун-та. Сер. Биология. Экология. 2017. Т. 20. С. 47–60.
9. Булатов А.И., Макаренко П.П., Шеметов В.Ю. Справочник инженера-эколога нефтедобывающей промышленности по методам анализа загрязнителей окружающей среды. М., 1999. 634 с.
10. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах. М.: Изд-во АН СССР, 1957. 236 с.
11. Водяницкий Ю.Н., Савичев А.Т., Трофимов С.Я., Шишконокова Е.А. Накопление тяжелых металлов в загрязненных нефтью торфяных почвах // Почвоведение. 2012. № 10. С. 1109–1114.
12. Водяницкий Ю.Н., Аветов Н.А., Савичев А.Т., Трофимов С.Я., Шишконокова Е.А. Влияние загрязнения нефтью и пластовыми водами на зольный состав олиготрофных торфяных почв в районе нефтедобычи (Приобье) // Почвоведение. 2013. № 10. С. 1253–1262. <https://doi.org/10.7868/S0032180X13100146>
13. Воробьева Г.А. Почвы Иркутской области: вопросы классификации, номенклатуры и корреляции. Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2009. 149 с.
14. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высшая школа, 1988. 328 с.
15. Глазовская М.А., Пиковский Ю.И., Коронцевич Т.И. Комплексное районирование территории СССР по типам возможных изменений природной среды при нефтедобыче // Ландшафтно-геохимическое районирование и охрана среды. Вопросы географии. Вып. 120. М.: Мысль, 1983. С. 84–108.
16. Гребенщикова В.И., Лустенберг Э.Е., Китаев Н.А., Ломоносов И.С. Геохимия окружающей среды Прибайкалья. Байкальский геоэкологический полигон. Новосибирск: Академическое изд-во “Гео”, 2008. 234 с.
17. Государственный доклад “О состоянии окружающей природной среды Иркутской области в 1994 г.”. Иркутск, 1995. 203 с.
18. Добровольский В.В. География микроэлементов. Глобальное рассеяние. М.: Мысль, 1983. 272 с.
19. Добровольский Г.В., Урусевская И.С. География почв. М.: Колос, 2004. 460 с.
20. Карновский Ю.З. Экология Городов Западной Сибири: Новосибирск не самый худший. Но проблемы есть. 2009. http://experts.megansk.ru/full_news.html?id_news=67
21. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с. <http://soils.narod.ru>
22. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 223 с.
23. Кузьмин В.А. Почвы Предбайкалья и Северного Забайкалья. Новосибирск: Наука, 1988. 175 с.
24. Кузьмин В.А., Белозерцева И.А. Современное состояние почвенного покрова // Экологически ориентированное планирование землепользования в Байкальском регионе (Ковыктинское газоконденсатное месторождение). Иркутск, 2004. С. 91–99.
25. Медведев Ю.О., Диковская Н.В. Растительность // Экологически ориентированное планирование землепользования в Байкальском регионе. Ковыктинское газоконденсатное месторождение. Иркутск, 2004. С. 99–110.
26. Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель. М.: Роскомзем, Минсельхозпром, Минприроды РФ, 1995. <http://pandia.ru/text/78/664/70746.php>
27. Напрасников А.Т., Белозерцева И.А., Напрасникова Е.В. География и экология почв. Иркутск, 2016. 189 с. https://elibrary.ru/download/elibrary_26269464_81162240.pdf
28. Нечаева Е.Г. Ландшафтно-геохимические изменения в тайге при геологических изысканиях подземных недр // География и природные ресурсы. 1997. № 4. С. 81–87.
29. Нечаева Е.Г., Белозерцева И.А. Ландшафтно-геохимический мониторинг в районе освоения подземных энергетических ресурсов Лено-Ангарского плато // Мониторинг и прогнозирование естественно-динамического состояния геосистем сибирских регионов. 2010. С. 154–172.
30. Одинцова Т.А., Бачурин Б.А. Научно-методические подходы к организации мониторинга нефтяных

- загрязнений // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2011. № 6. С. 176–182.
31. Пиковский Ю.И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1993.
 32. Пиковский Ю.И., Геннадиев А.Н., Красноперова А.А., Пузанова Т.А. Углеводородные геохимические поля в почвах района нефтяного промысла // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5, География. 2009. № 5. С. 28–35.
 33. Почвы Иркутской области. Иркутск, 1983. 223 с.
 34. Ровинский Ф.Я., Теплицкая Т.А., Алексеева Т.А. Фоновый мониторинг полициклических ароматических углеводородов. Л.: Гидрометеиздат, 1988.
 35. Руководство по ландшафтному планированию. Методические рекомендации по ландшафтному планированию. М.: Государственный центр экологических программ, 2001. Т. II. 73 с.
 36. Сазонов А.Г. Почвенный покров и почвы междуречья Ханды и Киренги // Докл. Ин-та географии Сибири и ДВ. 1969. Вып. 21. С. 40–47.
 37. Середина В.П. Оценка техногенного воздействия нефти на свойства почв Западной Сибири // Известия Томского политех. ун-та, 2003. Т. 306. № 2. С. 34–37.
 38. Сизиков А.М. Геологическое строение // Атлас Иркутской области. М., 2004. С. 21.
 39. Солнцева Н.П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998.
 40. Солнцева Н.П. Общие закономерности трансформации почв в районах добычи нефти (формы проявления, основные процессы, модели) // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. М.: Наука, 1988. С. 23–42.
 41. Солнцева Н.П., Пиковский Ю.И. Геохимическая трансформация дерново-подзолистых почв под воздействием нефти // Техногенные потоки вещества в ландшафтах и состояние экосистем. М.: Наука, 1981. С. 29–40.
 42. Техногенные потоки вещества в ландшафтах и состояние экосистем / Под ред. Глазовской М.А. М.: Наука, 1981. 255 с.
 43. Физико-географическое районирование // Национальный атлас России. 2000. <https://geographyof-russia.com/wp-content/uploads/2014/12/350-351.jpg>
 44. Флоровская В.Н. Люминесцентно-битуминологический метод в нефтяной геологии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1957. 291 с.
 45. Экологически ориентированное планирование землепользования в Байкальском регионе. Ковыктинское газоконденсатное месторождение. Иркутск, 2004. 159 с.

Experience of Integrated Assessment of Soil Cover State at Production of Underground Energy Resource in Middle Angara Catchment

I. A. Belozertseva^{1,2,*}

¹*Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, 664033 Russia*

²*Irkutsk state university, Irkutsk, 664011 Russia*

**e-mail: belozia@mail.ru*

Long-term research served as a basis for compiling a soil map of the most transformed part of the gas-condensate field in the Middle Angara region. The study area refers to North Near-Baikal mountain province with podzols (Podzols), soddy-podzolic (Retisols), peat-podzols (Histic Podzols), peat-cryozems (Histic Cryosols), gray-humus (Cambisols) and dark-humus (Phaeozems) soils. Natural pedodiversity and levels of toxic chemical elements are described. In soils of some sites in the gas-condensate field, the content of oil products, lead, zinc, nickel and chrome exceed the background values; soil waters chemical composition changed, as revealed in boreholes, and weak chloride salinity was recorded. Ecological zoning of the territory according to importance for humans and environment is suggested, as well as soil rating in terms of vulnerability to human impacts. The most part of the territory of the field is suitable for use and development, except for soils of permafrost-taiga, of valuable virgin landscapes and those on steep slopes. The zone of primary improvement with the subsequent transfer to category of extensive use includes sites with strongly damaged ground cover and sod layer.

Keywords: soils, mapping, pollution, ecological zoning, gas-condensate field, Irkutsk oblast