КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЯМСКОЙ СТЕПИ ЛЕБЕДИНСКИМ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫМ КОМБИНАТОМ

Н.А. Алексеенко, А.А. Медведев**, Т.В. Михайлова****
**ФГБУ ГПЗ «Белогорье», Россия, Белгородская область*
***ИГРАН, Россия, Москва*
****МГУ имени М.В.Ломоносова, Россия, Москва*

MAPPING GEOCHEMICAL POLLUTION COUSED BY LEBEDINSKIY MANNINING PLANT IN THE YAMSKAYA STEPPE

N.A. Alekseenko, A.A. Medvedev**, T.V. Mikchailova****
**State natural reserve «Belogorie», Russia, Belgorod region*
***Institute og geography RAS, Russia, Moscow*
****MSU by M.V.Lomonosov, Russia, Moscow*

Abstract. The paper describes the experience of geochemical pollution mapping for a natural reserve territory. The authors offer an original approach and methods for data obtained in the natural reserve interpretation.

Участок «Ямская степь» расположен в Губкинском районе Белгородской области. В непосредственной близости от Ямской степи, у ее северной границы находится хвостохранилище (комплекс сооружений, предназначенных для складирования хвостов - тонкоизмельченной пустой породы, образующейся при обогащения руд на горнорудных предприятий) Лебединского ГОКа - крупнейшего российского предприятия по добыче и обогащению железной руды, введенного в эксплуатацию в 1971 году в г.Губкин, имеющего самый крупный в мире карьер по добыче железной руды. ЛГОК является лидирующим производителем железорудной продукции в России. Технологический процесс производства железорудного сырья на Лебединском ГОКе состоит из следующих основных стадий: горные работы, производство концентрата железорудного с массовой долей железа менее 69,5%, производство окатышей, производство горячебрикетированного железа (ГБЖ). ЛГОК - единственный производитель ГБЖ в России и СНГ. В настоящее время производственная мощность ЛГОКа составляет 2,4 миллиона тонн ГБЖ в год (URL: http://www.metalloinvest.com/our-business/mining-segment/261/).

Все принятые сейчас методы добычи руды оказывают воздействие на природу. Наибольшая нагрузка приходится на верхнюю часть литосферы. Перемещаются громадные массы руды и породы, сложившийся естественный ландшафт заменяется техногенным. Значительные размеры в плане занимают образовавшиеся терриконы, находящиеся порой на пригодных сельскохозяйственных землях. Изменение рельефа способствует перемене движения приземного воздуха, шахты соединяют и перераспределяют потоки грунтовых вод, поэтому меняется состав почвы, а, следовательно, состояние растительности региона. Деятельность крупных горных предприятий сопровождается различными гидрогеологическими процессами, в результате происходит изменения формы бортов открытых выработок, проявляющаяся оползнями, осыпями, оседанием земли. Ускоряется оврагообразование, вносятся в почву тяжелые металлы. Пыль с частицами руды и породы ветром и поверхностными водами разносится на многие километры, в результате меняется кислотно-щелочной баланс почв региона, при котором растительность не выживает.

Усиливающиеся техногенные нагрузки на окружающую природную среду в зоне Лебединского ГОК диктуют необходимость контроля ее состояния для сохранения благоприятности для живых существ и обеспечения здоровья среды. В связи с этим анализ антропогенного воздействия, оказываемого на исследуемый участок заповедника, особо актуален, в нем важную роль играет картографический метод исследования.

Ямская степь - эталон степных экосистем Евразии, единственный в мире крупный плакорный массив типичной зональной целинной ковыльно-разнотравно-луговой степи на мощных черноземах в сочетании с дубравами, уникальная территория с десятками видов растений, занесенных в Красную книгу.

Цель работы: *создать карты геохимического загрязнения территории участка Ямская степь для визуализации состояния процесса и оценки его качественных и количественных характеристик, по материалам, предоставленным руководством заповедника «Белогорье».*

В 2006 году в Ямской степи проводилось исследование загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами и другими микроэлементами.

- Для выявления основных закономерностей фоновой геохимической структуры ландшафтов участка была заложена катена от автономного ландшафта (поверхность плакора) к супераквальному (днище балки Суры), в пределах которой были описаны черноземы типичные и выщелоченные, а также лугово-черноземные почвы. Отбор проб из почвенных разрезов проводился по генетическим горизонтам.

• Площадное геохимическое опробование участка проводилось по сетке 100*100 м. Точная привязка точек отбора проб осуществлялась с помощью GPS-приемника Garmin. Пробы отбирались из верхнего горизонта почв (как правило, это была дернина) с глубины 0-5 см методом «конверта».

• Отбор фоновых проб почв проводился по 7 пунктам: Сапрыкино, Огибное, Савенково, Дубравка, Меловое, Дальняя Ливенка и Коньшино.

• Лабораторный анализ проб почв на содержание микроэлементов проводился масс-спектральным методом с индуктивно-связанной плазмой (MS), либо атомно-эмиссионным методом с индуктивно-связанной плазмой (AES) в Аналитическом сертификационном испытательном центре (АСИЦ) Всероссийского научно-исследовательского института минерального сырья (ВИМС) имени Н.М.Федоровского.

Всего было проанализировано около 100 проб, в каждой из них определялось содержание 54 химических элементов. Индикаторами загрязнения окружающей среды при добыче и обогащении железной руды, являются приоритетные элементы (свинец, серебро, мышьяк, таллий) и сопутствующие (цинк, вольфрам, кобальт, ванадий). Кроме перечисленных элементов-трассеров, рекомендуемых, согласно классификации химических веществ для контроля загрязнения окружающей среды при железорудном производстве и относящихся к разным классам опасности, была выделена группа элементов, которые не являются приоритетными, но многие из которых могут оказать весьма негативное воздействие на живые организмы – никель, медь, хром, железо, марганец, ванадий, титан, и группу рассеянных элементов, являющихся примесями в руде – индий, селен, теллур, кадмий, германий.

Оценка уровня химического загрязнения почв как индикатора неблагоприятного воздействия на окружающую среду по данным за 2006 год проводилась по следующим показателям: коэффициент концентрации химического вещества (Кс) и суммарный показатель загрязнения (Zc).

Кс определяется отношением фактического содержания определяемого вещества в почве (Ci) в мг/кг почвы к региональному фоновому (Сф): Кс=Ci/Сф.

Суммарный показатель загрязнения (Zc) равен сумме коэффициентов концентраций химических элементов - загрязнителей и выражается следующей формулой: Zc=SUM (Kci+....+Kcn) – (n-1), где n - число определяемых суммируемых вещества; Kci - коэффициент концентрации i-го компонента загрязнения. При расчете Zc принимаются во внимание только вещества с Кс >1 [Сает Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др., 1990].

Расчеты были проведены для 15 химических элементов (As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb, Sn, Sr, V, W, Zn). Основными критериями выбора элементов являлись их экологическая значимость и выявленные уровни содержания.

По каждой точке отбора проб для каждого из перечисленных выше элементов рассчитывался коэффициент концентрации данного элемента в почве. Затем на каждую точку почвенного опробования высчитывался суммарный показатель загрязнения, включающий в себя значения коэффициентов концентрации выбранных элементов.

Следующая стадия работы проводилась с помощью программного пакета ArcGIS 10.2. Поскольку информация о расположении точек отбора проб была предоставлена в виде растрового, сначала выполнялась его координатная привязка. После этого оцифровывались точки почвенного опробования. В ArcMap подгружалась созданная ранее

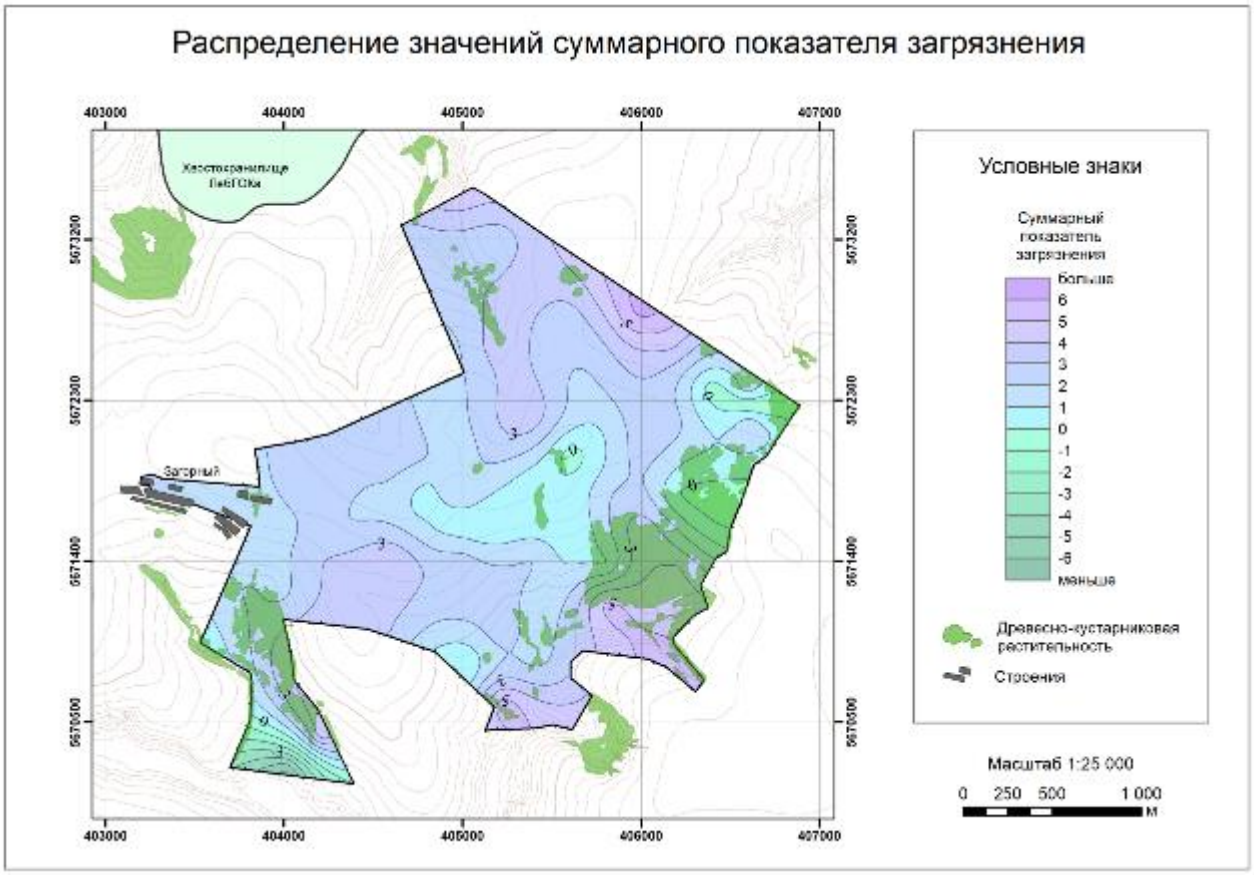


Рис.1 Карта «распределение суммарного показателя загрязнения»

таблица Excel со значениями суммарных показателей загрязнения. Проводилась операция присоединения (Join) этой таблицы к атрибутивной таблице слоя с точками отбора проб. По значениям суммарных показателей загрязнения выполнялась интерполяция методом Topo to Raster и строились изолинии (рис.1).

Далее содержания химических элементов в почвах сравнивались с ПДК (табл. 1), ОДК (табл. 2) и фоновыми содержаниями тяжелых металлов и мышьяка в черноземах (табл. 3) [ГН 2.1.7.2041-06, ГН 2.1.7.2042-06].

Таблица 1. Предельно допустимые концентрации химических веществ в почвах

Элемент, химическое вещество	**Величина ПДК, мг/кг почвы**
Ванадий V	150
Свинец Pb	32
Сурьма Sb	4,5
Хром (+3) Cr	90

Таблица 2. Ориентировочные допустимые концентрации химических веществ в почвах

Элемент, химическое вещество	**Величина ОДК, мг/кг почвы**
Мышьяк As	10
Цинк Zn	220
Медь Cu	132
Кадмий Cd	2
Никель Ni	80

Таблица 3.Фоновое содержание валовых форм тяжелых металлов и мышьяка в почвах (мг/кг)

Элемент, химическое вещество	**Фоновое содержание (мг/кг)**
Мышьяк	7,3
Свинец	25,0
Сурьма	0,67
Ванадий	82,0
Хром (+3)	70,0
Цинк	70,0

Медь	19,0
Кадмий	0,37
Никель	32,0

Все значения содержания химических элементов подразделялись на три группы:

1) меньше фонового и меньше ПДК/ОДК;
2) больше фонового и меньше ПДК/ОДК;
3) больше ПДК/ОДК и больше фонового.

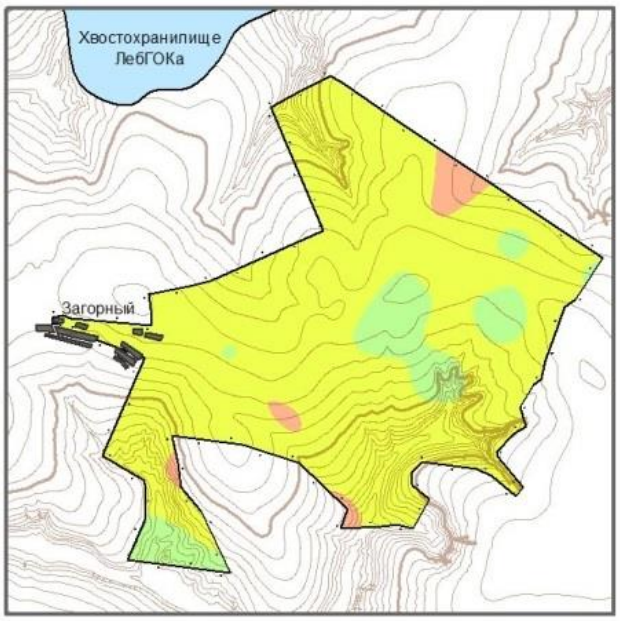


Рис.2 Распределение содержание хрома относительно фонового значения и нормативных концентраций

Для каждого из девяти химических элементов были построены схемы, которые отображают их пространственное распределение и позволяют понять отклонение содержания относительно фоновых значений и ПДК/ОДК. Зеленым цветом показана территория, где содержание элемента меньше фонового и меньше ПДК/ОДК, желтым - больше фонового и меньше ПДК/ОДК, красным - больше ПДК/ОДК и больше фонового (рис.2).

Анализ полученных схем распределения содержания отдельных химических элементов относительно фоновых значений и нормативных концентраций показал, что превышение ПДК наблюдается по двум элементам - свинцу и хрому. Содержание мышьяка на большей части территории не превышает фоновых показателей. На 1/2 площади заповедного участка содержание кадмия и цинка превышает фон. Распределение сурьмы, никеля, меди и ванадия достаточно равномерное, содержание этих элементов на большей части территории превышает фоновое.

По горизонталям, оцифрованным с топографической карты 1968 г. масштаба 1:25 000, методом Topo to Raster была построена цифровая модель рельефа и на ее основе – карта рельефа Ямской степи (рис.3). Затем по ней, используя инструменты Slope и Aspect (ArcToolbox – Spatial Analyst Tools – Surface), были построены карты углов наклонов и экспозиции склонов.

Для того чтобы оценить возможную связь геохимического загрязнения с рельефом, производилось наложение изолиний суммарного показателя загрязнения на цифровую модель рельефа, а также карты углов наклонов и экспозиции склонов. В результате визуального анализа было выявлено, что максимальные значения Zc приурочены к склонам и днищам балок. Такое распределение может быть связано с влиянием стаявшего снега, осадков и ветра. Однако взаимосвязь загрязнения с экспозицией склонов не выявлена: в большинстве случаев в области с максимальными значениями суммарного показателя загрязнения попадают как склоны северной, северо-восточной, северо-западной, так и южной, юго-восточной, восточной экспозиции. Для анализа зависимости суммарных показателей загрязнения почвы от рельефа, углов наклона и экспозиции склонов на территорию Ямской степи в программном пакете ArcGIS с помощью инструмента Principal Components модуля Spatial Analyst Tool была получена матрица корреляции.

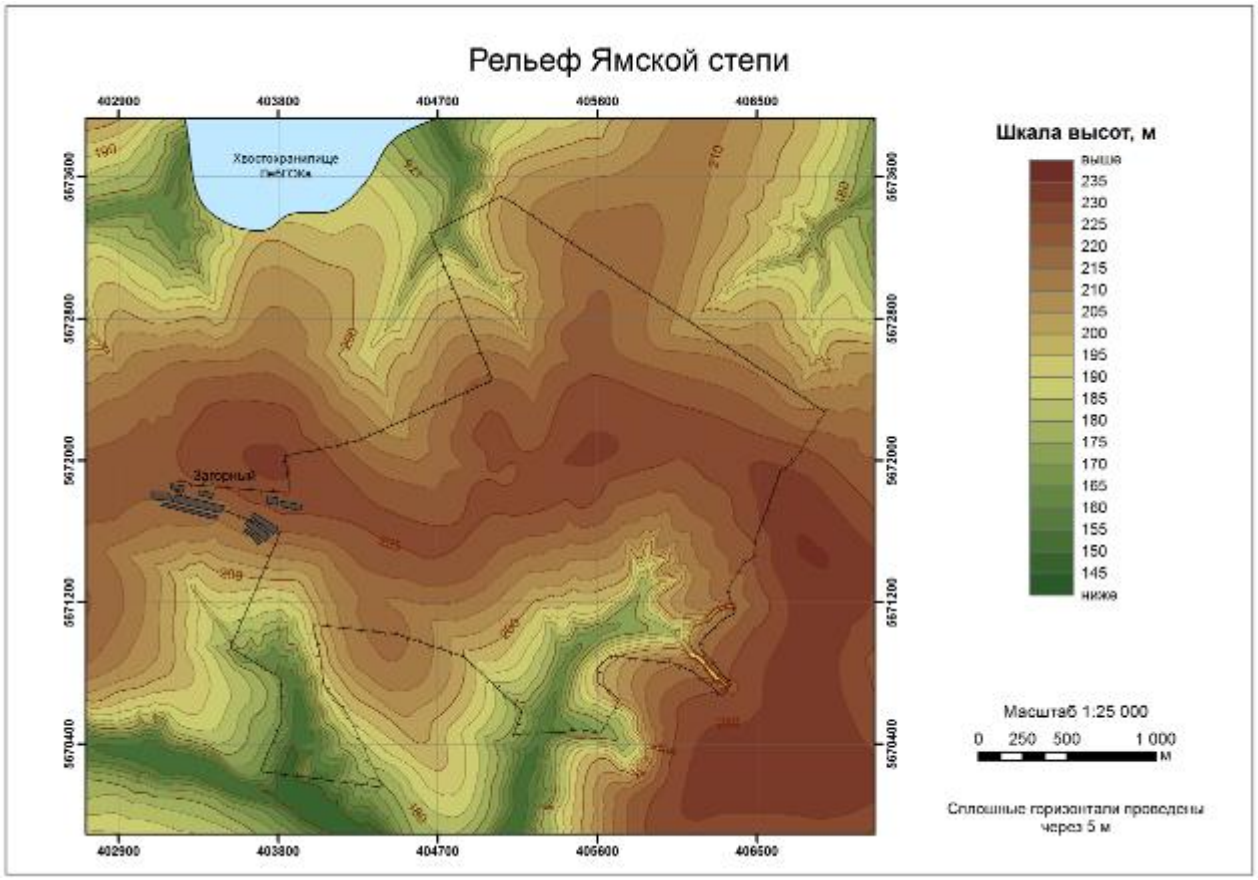
Рис.3 Карта «Рельеф Ямской степи»

Значения коэффициентов корреляции геохимического загрязнения с рельефом равняется -0,04, с углами наклонов 0,22, с экспозицией склонов 0,07. Таким образом, зависимость загрязнения от экспозиции склонов и гипсометрии не прослеживается, однако имеется слабая прямая связь с углами наклонов, что объясняет увеличение суммарного показателя загрязнения на склонах балок.

Исследования по геохимическому загрязнению снежного покрова Ямской степи и окружающей территории были проведены в 2012 году. По значениям суммарного показателя загрязнения Zd, приведенного в представленных заповедником материалах было построено пространственное распределение данного показателя [Отчет заповедника «Белогорье», 2012]. Величина суммарного показателя имиссии Z_d по 14 основным поллютантам изменяется на исследуемой территории в достаточно широких пределах: от 5 в урочище Водяное (точка 6) до 64 в урочище Михерево (точка 9), расположенного вблизи охранной зоны Ямской степи. На полученной карте четко выделяются два максимума: к одному из них с севера примыкает Лебединский ГОК, в непосредственной близости от другого восточнее располагается Оскольский электрометаллургический комбинат.

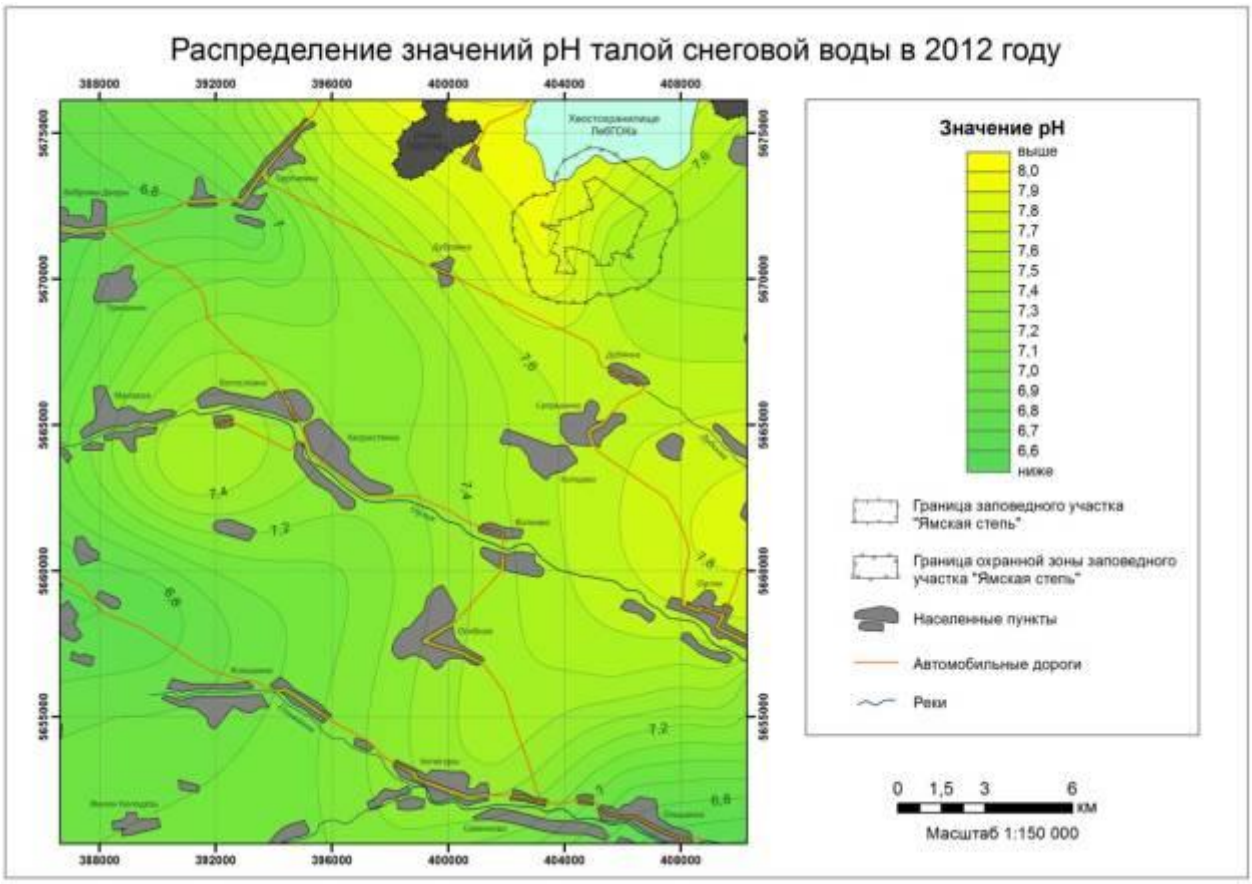
На рис. 4 и 5 представлено распределение значений pH и содержания растворенных солей. Незагрязненные атмосферные осадки обычно характеризуются значениями pH от 5,0 до 6,0. Подщелачивание атмосферных осадков, как правило, связано с техногенным воздействием городов и промышленных предприятий, где велика запыленность атмосферного воздуха, а пыль в значительной мере карбонатна. Подкисление снежных вод обычно связано с дальним транспортом загрязняющих веществ кислотной природы [Василенко В.Н., Назаров И.М., Фридман Ш.Д., 1985].

В районе исследований установлено повсеместное подщелачивание снежного покрова относительно

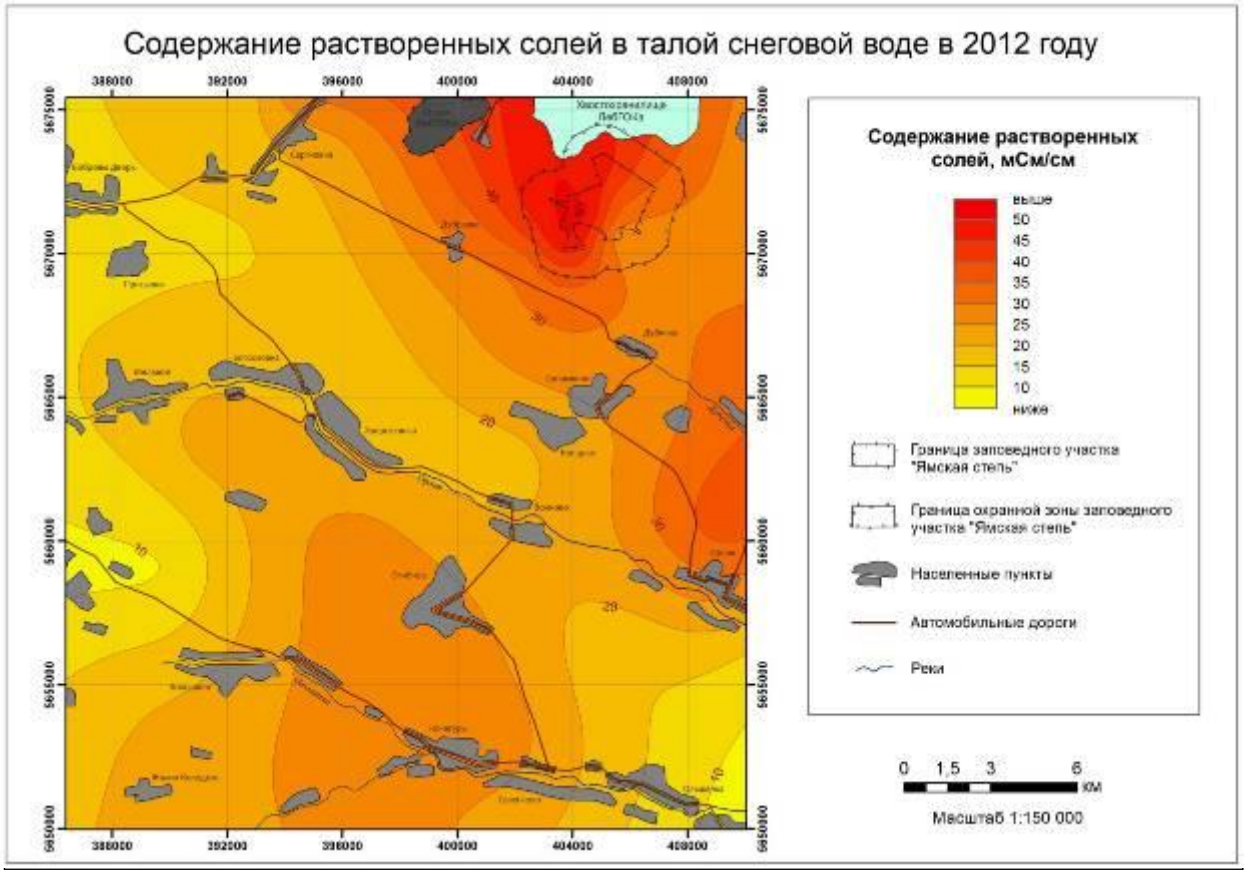


фона, при этом наибольшее подщелачивание зафиксировано в точках на незначительном удалении от

ЛебГОКа. Участки, находящиеся на наибольшем удалении характеризуются соответственно меньшими



значениями.



Относительно фона в снежном покрове исследуемой территории содержание растворенных солей увеличивается в 3–5 раз (до 55 мСм/см), причем локальные максимумы установлены в непосредственной близости от ГОКа, а также вблизи ОЭМК.

При наложении изолиний суммарного показателя загрязнения снежного покрова на цифровую модель рельефа SRTM закономерностей, объясняющих выделение локальных максимумов положением в рельефе, обнаружено не было.

В результате исследования:

• Рассчитаны значения суммарных показателей загрязнения почв Ямской степи и построено их распределение.

• Проведено сравнение содержаний отдельных химических элементов с фоновыми значениями и нормативными концентрациями.

• Получены карты пространственного распределения суммарного показателя загрязнения снежного покрова, значений pH и содержания растворенных солей в талой снеговой воде на участке заповедника «Белогорье» - Ямская степь и прилегающей территории.

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ 13-05-00904\14

Литература

1. Василенко В.Н., Назаров И.М., Фридман Ш.Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова. Л.: Гидрометеоиздат, 1985. 181 с.
2. Сает Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990. 335 с.
3. ГН 2.1.7.2041-06 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве».
4. ГН 2.1.7.2042-06 «Ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве».
5. Отчет заповедника «Белогорье». Кн. 1, Ч. 1. 2012.
6. Заповедник «Белогорье». URL: http://www.zapovednik-belogorye.ru/jamskaja_step/ (дата обращения 15.10.2013).
7. Лебединский ГОК. URL: http://www.metalloinvest.com/our-business/mining-segment/261/ (дата обращения 12.10.2013).

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ЛАНДШАФТНОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИМ РИСКОМ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА

Т. И. Кузнецова, В. М. Плюснин
Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск
kuznetzova@irigs.irk.ru

GEOINFORMATION LANDSCAPE MAPPING FOR SUPPORT OF ECOLOGICAL RISK MANAGEMENT IN THE BAIKAL REGION

T.I. Kuznetsova, V.M. Plyusnin
V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk

Abstract. A geosystem approach to the classification and geoinformational mapping of the ecological risk is proposed.

Based on Internet resources, archival literary and cartographic sources, and using advanced GIS-technologies, an analysis is made of a space-time state of geosystems in the Baikal region as a set of conditions, defining or limiting the features of the human life activity. On the basis of the ideas obtained about the variability of geosystems as a result of spontaneous development or under the influence of anthropogenic factors, a system of signs-indicators of ecological risk was developed. Zoning of the study area according to the degree of ecological risk proneness was conducted.

To support ecological risk management an interpretative informational-cartographic system of the natural environment of the Baikal region with geosystem geo-ecological content was developed. A fragment of the authors' map is presented.

Keywords: variability of the natural environment, ecological risk, geosystem signs-indicators, specialized classification of geosystems, geoinformational mapping, geoecozones.