

1. *Симонов Ю.Г., Кружалин В.И.* Инженерная геоморфология. М.: Изд-во МГУ, 1993. 208 с.
2. *Розанов Л.Л.* Теоретические основы геотехноморфологии. М.: ИГРАН, 1990. 189 с.
3. *Ревзон А.Л.* Инженерно-геоморфологический подход к прогнозированию состояния природно-технических систем // Геоморфология гор и равнин: взаимосвязи и взаимодействие. Краснодар: Изд-во КубанГУ, 1998. С. 81–83.
4. СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. 51 с.
5. *Спиридонов А.И.* Геоморфологическое картографирование. М.: Недра, 1985. 182 с.
6. *Евдокимов В.И.* Закономерности разрушения дорожных насыпей морфологическими процессами в условиях Крайнего Севера // Автомобильные дороги. Инф. сб. 1996. Вып. 9. С. 9–20.

СоюздорНИИ

Поступила в редакцию
16.06.99

ENGINEERING-GEOMORPHOLOGIC PLANE-DRAWING

V.I. YEVDOKIMOV

S u m m a r y

The new method of applied geomorphology – engineering-geomorphologic charting is described. The area of gas condensate field in the Yamal peninsular was taken as a test site. The embankment of motorways of the site were investigated and the engineering-geodynamic charts were compiled. The set of geodynamic processes, which destroy embankments, was determined, protective measures were suggested.

УДК 551.438.5 : 628.39(470.55)

© 2001 г. Г.С. МАКУНИНА

**АЭРОТЕХНОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА РАЗВИТИЕ
ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЗОНЕ РАЗЛОМА
(ЮЖНЫЙ УРАЛ, ЧЕЛЯБИНСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

В современных исследованиях и при картографировании геоморфологических процессов в самостоятельную группу выделяются процессы антропогенного рельефообразования – антропоморфогенез или техноморфогенез [1]. Их развитие наиболее выражено в условиях низко – и среднегорного рельефа [1], а также на участках активных зон разломов на равнинах [2–4]. Однако в числе факторов, вызывающих развитие процессов техноморфогенеза [1], не рассматривается аэрогеохимическое влияние на этот процесс эмиссий металлургических комбинатов (МК). Известно, что обезлесивание горных склонов под воздействием их поллютантов дестабилизирует гравитационную устойчивость рыхлых покровов и способствует развитию эрозионных процессов. При этом большое значение имеют такие морфометрические характеристики форм рельефа как их ориентация относительно господствующего направления ветров и расположения МК, абсолютные и относительные высоты, крутизна склонов, наличие податливых выветриванию рассланцованных пород. Учет всей совокупности названных показателей важен при анализе степени геоморфологической опасности и риска размещения МК. Расположение МК вблизи рудных месторождений нередко определяет их местоположение в зонах разломов, с разрывными структурами которых рудные тела связаны генетически.

Согласно [5], трещины представляют собой элементарную форму нарушений сплошности земной коры, а зоны разломов – относительно узкие и протяженные участки земной коры, отличающиеся повышенной плотностью трещин. Ориентации систем трещин (продольных и оперяющих) в зоне разлома дают представление об этапах формирования тектонической структуры, которая и определяет размещение в плане групп форм рельефа и их основные морфометрические характеристики.

В число задач нашего исследования входило: 1) изучение взаимосвязи между тектонической структурой территории и морфометрическими характеристиками форм рельефа, которые определяют опасность развития геоморфологических процессов под воздействием эмиссий медеплавильного производства, размещенного на площади медноколчеданного месторождения, 2) выделение на изучаемой территории геоэкологических зон с разной степенью проявления геоморфологических признаков природно-техногенного конфликта.

Исследования проводились в Карабашском рудном районе Южного Урала [6, 7] – территории, признанной Государственной экологической экспертной комиссией зоной экологического бедствия [8].

Объекты и методы исследования

Уникальность изучаемой территории определяется ее положением в зеленокаменной полосе на севере Магнитогорского прогиба – самом узком месте Урала, известном как "карабашский коридор" [9]. В тектоническом отношении это зона разлома с характерной для нее повышенной плотностью трещин и блоков трещиноватости. Ее ширина составляет 15 км. Западная граница "карабашского коридора" трассируется субмеридиональным прогибом вдоль восточного подножья хребта Юрма (985,4 м абс.), в котором заложены долины (400–420 м абс.) противоположно направленных рек Сак-Елга (приток второго порядка р. Миасс) и Уфы. Восточная граница "коридора" прослеживается по цепочке озер, вытянутой по аз. 35° от северной оконечности Ильменского хребта до оз. Иртяш (Касли).

Карабашская группа колчеданных руд и работающий на их базе МК находятся в юго-восточной части "карабашского коридора" вблизи слияния рек Миасс и Б. Киялим. Рельеф низкогорный, с четкой дифференциацией на разновысотные ландшафтные местности: равнинную, низкогорную, высокогорную и речные долины, пространственное размещение которых предопределено тектонической структурой. Зональный тип растительности – южнотаежный: березово-сосновые разнотравно-злаковые с кустарничками леса с примесью липы, рябины и осины чередуются с вторичными березняками. Почвы вершин гряд и крутых склонов примитивные гумусово-аккумулятивные (рендзины). Насыщенный корнями мелкозем почвы заполняет пустоты между крупными обломками элювия. На маломощном щебнисто-мелкоземистом элювио-делювии пологих склонов высоких гряд формируются бурые горно-лесные неполноразвитые почвы и переходные к ним разности. Они маломощны (до 25 см) и слабо дифференцированы на горизонты. На песчанисто-суглинистом с обломками пород делювии коротких пологих склонов низких гряд сформировались типичные горно-лесные бурые почвы мощностью 35–60 см.

На этом природном фоне по видимым нарушениям естественной структуры растительного покрова, почв и рыхлых пород четко выделяется территория, испытывающая воздействие химически активных поллютантов МК – Карабашская техногенная аномалия (КТА). В составе сульфатно-сульфидных эмиссий МК присутствуют сернистый газ, сульфиды меди, железа, цинка, свинца, соединения сурьмы, мышьяка и др. Конфигурация КТА относительно МК повторяет модель годовой розы ветров [10], в соответствии с которой 28% годового количества поллютантов переносится в восточном направлении, 17% – в северо-восточном, 15% – в юго-восточном и столько же в северном, 9% – в южном, 7% – в юго-западном, 4% – в западном и 5% – в северо-западном.

В основу работы положен материал маршрутных наблюдений по профилям, заложенным по радиальным направлениям от МК согласно розе ветров. Точки наблюдений закладывались на разных элементах форм рельефа с учетом генезиса рыхлых пород и особенностей проявления процессов эрозии и дефляции, которые наблюдались в бортах эрозионных форм. Отслеживались изменения в насыщенности рыхлых пород обломочным материалом, отмечались признаки его сортировки. Одновременно проводилось описание пород. Для определения влияния тектонической структуры территории на ориентировку речных долин и гряд, а также для анализа условий аэрации склонов и межгрядовых понижений определялись азимуты направлений гребней и долин.

Результаты и их обсуждение

Геолого-тектоническая обстановка и рельеф. На изучаемой территории довольно четко выделяются тектонические блоки с высокогрядовым, низкогрядовым и равнинным рельефом, пересекаемые речными долинами, заложенными по разрывным структурам (рис. 1).

Установлено, что между ориентировкой форм рельефа и их высотными уровнями наблюдается определенная взаимосвязь, что позволяет сравнивать *азимутальные системы форм рельефа* разных тектонических блоков зоны разлома. Пространственное размещение групп форм рельефа, различающихся по абсолютным высотам, определяется их положением соответственно на погруженных, слабо- или сильноприподнятых тектонических блоках или, как речные долины, заложением по разрывным структурам.

Колчеданные месторождения и МК сосредоточены в "Соймоновской долине" (428–431,8 м абс) шириной до 1,5 км, которая сложена рассланцованными зеленокаменными (хлоритизированными и эпидотизированными) породами и соответствует погруженному блоку трещиноватости, вытянутому по аз. 35°. Рельеф этой местности слегка всхолмленный, с относительными превышениями в основном до 1–3, местами до 10–15 м.

С востока Соймоновская долина ограничена компенсационным тектоническим блоком аналогичной ориентировки с высокой грядой г. Карабаш (588,5–611,9 м. абс. и 180–200 м отн.), также сложенной рассланцованными зеленокаменными породами. Учитывая преобладающее направление ветров западных румбов и размещение МК высокая гряда играет роль местного орографического барьера (ОБ), который затрудняет рассеяние эмиссий, способствуя развитию смоговых ситуаций. Поэтому большую часть года аэрационная обстановка в Соймоновской долине крайне неблагоприятна.

С запада, севера и юга Соймоновская долина обрамлена низкогрядовым рельефом (высоты до 480,2 м абс. и до 50 м отн.). Гребни сглаженные, покрытые тонким плащом щебнисто-мелкоземистого элювия, прерываемого выходами скальных обнажений и развалов пород. Склоны низких гряд пологие и короткие, что определяет благоприятные условия для формирования щебнисто-мелкоземистого делювия. Низкогрядовый рельеф приурочен к полю развития груборассланцованных зеленокаменных пород и гнейсов внешней зоны рудного поля. Повышенная инфильтрация влаги в делювии, а также в элювии рассланцованных и раздробленных пород обуславливает повышенную сухость отложений склонов, что сдерживает развитие линейной эрозии.

Низкие гряды пересекаются долинами, заложенными по оперяющим трещинам. Долины ориентированы в основном по аз. 320°, иногда их небольшие отрезки заложены по аз. 90°. Гряды имеют преимущественно субмеридиональную ориентацию, реже, они, как и долины, вытянуты по аз. 320°. В местах, где сходятся гребни названных направлений, гряды имеют Г-образную форму. Ориентировка форм рельефа свидетельствует о сложной истории тектонического развития центральной части территории. Согласно теории [5], она обусловлена ориентировкой разломных структур (продольных и оперяющих) в системах азимутов 360 и 90, 50 и 320 градусов. Однако формы рельефа с ориентировкой по аз. 50° в этой части территории отсут-

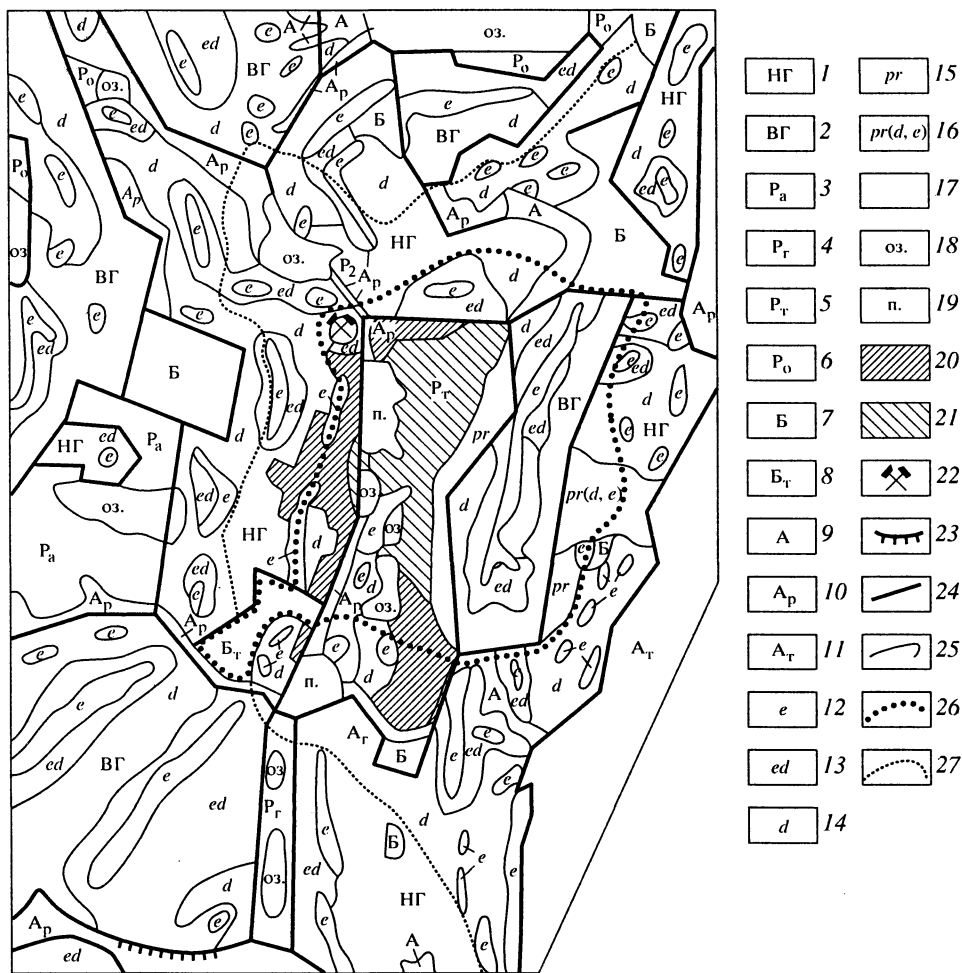


Рис. 1. Карабашская техногенная аномалия: геоморфологическая структура и геоэкологические зоны природно-техногенного конфликта

Грядовый рельеф: 1 – низкогрядовый, 2 – высокогрядовый; **равнины:** 3 – плоская аллювиально-озерная в тектонической депрессии, 4 – плоская аллювиально-озерная в тектонической впадине (грабене), 5 – волнистая в тектонической депрессии; 6 – озерные террасы; **органогенно-аккумулятивный рельеф (болота):** 7 – с ненарушенной структурой, 8 – сильно загрязненные стоками медеплавильного производства; **речные долины:** 9 – современные, 10 – заложенные в разрывных тектонических структурах, 11 – то же драгированные; **рыхлые образования:** 12 – элювий мелкоземисто-обломочный с выходами коренных пород, 13 – элювио-делювий, 14 – делювий, 15 – пролювий, 16 – пролювий, наложенный на погребенный делювий с выходами коренных пород; 17 – гумусовидный покров; **водные объекты:** 18 – озера, 19 – пруды; **функциональные зоны:** 20 – жилые застройки, 21 – промышленная, 22 – рудник; 23 – обрыв коренных пород к речной долине; **границы:** 24 – разрывных нарушений, разделяющих тектонические блоки с разновысотными типами рельефа, 25 – геоморфологические, 26 – зоны техногенного бедленда, 27 – зоны толерантного состояния растительности

ствуют, подтверждая сложность ее тектонического развития. Особенность ориентировки форм низкогрядового рельефа способствует тому, что при любом направлении ветров либо долины, либо межгрядовые понижения находятся в неблагоприятных условиях аэрации. При ветрах западных, восточных, северо-восточных и юго-западных направлений в "непрветриваемом" состоянии одновременно находятся как долины, так и межгрядовые понижения. Небольшие относительные превышения гряд

(до 50 м) при высоте труб 70–90 м не препятствуют свободному растеканию над ними поллютантов, скапливающихся в Соймоновской долине.

Низкогордовый рельеф с севера, запада и юга окружен высокими грядами (более 500–600 м абс. и до 150–200 м отн.). При этом на севере и западе гребни гряд ориентированы в основном по аз. 90°, на юге – по аз. 50° (одноименные г. Каменная 622,6 м абс. и г. Каменная 604,2 м абс.). Последние с их хорошо сохранившимся почвенно-растительным покровом можно рассматривать как природную модель-аналог ОБ (г. Карабаш) до дестабилизации на нем геоморфологических процессов. Тектонический блок с этими грядами отделен от тектонического блока с низкогордовым рельефом широтным отрезком р. Сак-Елга, заложенной по оперяющей структуре (аз. 320°). С востока он ограничен впадиной-грабенем, ориентированной по аз. 90° с цепочкой озер М. и Б. Барны, с юга – разломной структурой, в которой заложен широтный отрезок р. Б. Киалим (аз. 320°). Рассланцованность и трещиноватость зеленокаменных пород высоких гряд усиливает гравитационную неустойчивость элювиального и элювио-делювиального покрова их крутых склонов, обращенных к разломным структурам. На этих склонах аккумуляция рыхлого материала происходит только в межбломочных пустотах. Средние и нижние части склонов покрыты щебнисто-мелкоземистым плащом элювио-делювия, под которым нередко выходы грунтовых вод зон повышенной трещиноватости пород. Их наличие маркируется на поверхности появлением полос черничников и загущением трав. Для аэрации склонов этих гряд наиболее благоприятны юго-западные ветры. При северо-восточных ветрах происходит их задымление со стороны Соймоновской долины, но благоприятная азимутальная ориентация гряд не позволяет скапливаться поллютантам в межгордовых понижениях.

Механизм и масштабы развития техногенно обусловленных геоморфологических процессов. Более чем за 75 лет функционирования МК на прилегающей к нему территории площадью около 50 км² сформировались визуально выраженные геоэкологические зоны природно-техногенного конфликта: техногенного бедленда (ТБ) и толерантного состояния растительности (ТСП) (рис. 1). Они различаются по интенсивности деградации растительного покрова, почв и рыхлых пород.

Зона техногенного бедленда включает Соймоновскую долину с жилищными постройками, шахтами, МК, ОБ (гряда г. Карабаш) и подступающие к ним низкие гряды. До конца 30-х годов ОБ покрывал березово-сосновый лес, изреженный неконтролируемыми вырубками, сопутствующими добыче россыпного золота в прилегающих к нему долинах. В процессе обработки россыпей драгой в долинах была нарушена целостность залегающих рыхлых отложений и, как следствие, гидрогеологическая устойчивость прилегающих склонов, что положило начало развитию на них линейной эрозии, а впоследствии и дефляции.

Эрозия. В годы войны с ростом мощностей МК объем сульфатно-сульфидных эмиссий резко увеличился. Постоянное значительное задымление обусловило быстрое обезлесивание прилегающих к МК склонов ОБ и низких гряд. На обезлесенных склонах был запущен мощный механизм развития плоскостной и линейной эрозии. Наиболее сильному воздействию эрозии подверглись водораздел и склоны ОБ. Начинаясь у водораздела отдельные эрозионные формы, сливаясь несколько выше среднего уровня склонов, образовали крупные эрозионные каналы в элювиально-делювиальном покрове. В средней части склонов (крутизна 8–10°) ширина их дниц достигает 2,5–3-х м при высоте бортов до 2–2,5 м. У подножий склонов (крутизна 2–5°) ширина дниц увеличивается до 5–7 м при высоте бортов до 0,5–0,8 м на наветренном склоне ОБ и до 2 м – на подветренном. Об интенсивности развития плоскостной и линейной эрозии на склонах ОБ свидетельствуют захоронения бывшего погоста, вскрытые в бортах эрозионных каналов в нижней части наветренного склона. К настоящему времени плоскостной эрозией смыт верхний метровый слой делювия, глубина эрозионного вреза достигла 2,5–3-х м.

Рисунок эрозионной сети ОБ определяется насыщением элювио-делювия и делю-



Рис. 2. Развитие эрозионных процессов на склоне низкой гряды в зоне техногенного бедленда

вия щебнисто-обломочным материалом. При его высоком содержании формируется древовидная эрозионная сеть. В песчанисто-суглинистом пролювии конусов выноса ОБ формируется эрозионная сеть струйчатого вида с характерными для нее V-образными в поперечном разрезе эрозионными формами глубиной до 1,5 м. Аналогичное развитие эрозионной сети наблюдается на склонах низких гряд (рис. 2).

Пролувиальные шлейфы у подножий ОБ формируются мощными водными потоками, которые сбрасываются по эрозионным каналам после обильных и продолжительных осадков. Энергия линейной эрозии в них значительно усиливается на выходах грунтовых вод зон повышенной трещиноватости пород. В сухие периоды теплого времени года это всего лишь короткие (до 10–30 м) водотоки в средней и нижней частях склонов ОБ. При обильных осадках к подножью ОБ выносятся большое количество суглинистого, песчанистого и дресвянистого материала, насыщенного обломками. Подмыв крупных глыб вызывает их гравитационное смещение, скатывание и нагромождение у подножия.

Пролувиальный шлейф наветренного склона ОБ сложен песчанисто-дресвянистым материалом. Быстрая фильтрация в нем поступающих со склонов вод препятствует формированию глубоких форм линейной эрозии. На более длинном подветренном склоне ОБ ситуация иная. Пролувиальный шлейф сложен более плотным, чем на наветренном склоне, песчанисто-суглинистым материалом с включениями обломков. Местами поверхность пролювия нарушена выходами зеленокаменных пород. Повсеместно видны следы плоскостного смыва мелкозема с россыпью обломков. Продолжением эрозионных каналов на поверхности пролювиальной толщи являются многочисленные "сухие русла" временных водотоков шириной до 5–7 м и глубиной до 0,5–1 м. В нижней части бортов этих форм обнажается погребенный пролювием щебнисто-мелкоземистый делювий и обломочный элювий.

Дефляция. Обезлесивание и развитие эрозии сопровождалось перевеванием почвы, а также мелкозема элювия и делювия вместе с техногенной пылью с наветренного



Рис. 2. Развитие эрозионных процессов на склоне низкой гряды в зоне техногенного бедленда

вия щебнисто-обломочным материалом. При его высоком содержании формируется древовидная эрозионная сеть. В песчанисто-суглинистом пролювии конусов выноса ОБ формируется эрозионная сеть струйчатого вида с характерными для нее V-образными в поперечном разрезе эрозионными формами глубиной до 1,5 м. Аналогичное развитие эрозионной сети наблюдается на склонах низких гряд (рис. 2).

Пролувиальные шлейфы у подножий ОБ формируются мощными водными потоками, которые сбрасываются по эрозионным каналам после обильных и продолжительных осадков. Энергия линейной эрозии в них значительно усиливается на выходах грунтовых вод зон повышенной трещиноватости пород. В сухие периоды теплого времени года это всего лишь короткие (до 10–30 м) водотоки в средней и нижней частях склонов ОБ. При обильных осадках к подножью ОБ выносятся большое количество суглинистого, песчанистого и дресвянистого материала, насыщенного обломками. Подмыв крупных глыб вызывает их гравитационное смещение, скатывание и нагромождение у подножия.

Пролувиальный шлейф наветренного склона ОБ сложен песчанисто-дресвянистым материалом. Быстрая фильтрация в нем поступающих со склонов вод препятствует формированию глубоких форм линейной эрозии. На более длинном подветренном склоне ОБ ситуация иная. Пролувиальный шлейф сложен более плотным, чем на наветренном склоне, песчанисто-суглинистым материалом с включениями обломков. Местами поверхность пролювия нарушена зеленокаменными породами. Повсеместно видны следы плоскостного смыва мелкозема с россыпью обломков. Продолжением эрозионных каналов на поверхности пролювиальной толщи являются многочисленные "сухие русла" временных водотоков шириной до 5–7 м и глубиной до 0,5–1 м. В нижней части бортов этих форм обнажается погребенный пролювием щебнисто-мелкоземистый делювий и обломочный элювий.

Дефляция. Обезлесивание и развитие эрозии сопровождалось перевеванием почвы, а также мелкозема элювия и делювия вместе с техногенной пылью с наветренного



Рис. 3. Разрез гумусовидного покрова в средней части подветренного склона г. Карабаш

склона ОБ на подветренный. Развитие дефляционного процесса привело к формированию гумусовидного покрова на подветренном склоне ОБ. Его мощность от водораздела до среднего уровня склона возрастает до 0,8 м. Ниже по склону этот покров уничтожен в результате развития эрозии, вызванной рубками леса и старательскими выработками. Эоловое формирование гумусовидного плаща сопровождалось накоплением в нем привнесенных с водораздела обломков породы, местами образующих прослой. На этом основании происхождение гумусовидного покрова можно характеризовать как техногенно-эрозионно-эоловое. Он перекрывает маломощный (30 см) щебнисто-обломочный слой. Глубже залегает грубосортированный щебнисто-суглинистый делювий. В днищах эрозионных каналов обнажаются коренные породы (рис. 3).

Увеличение вниз по подветренному склону мощности гумусовидного плаща обусловлено не только привнесом мелкозема и обломков плоскостным стоком, но и фитофактором. В условиях ветровой тени древостой меньше подвергался воздействию эмиссий и разрушался медленнее, чем на наветренном склоне ОБ. На своей верхней границе лес в значительной мере гасил скорость продвижения вниз по склону пыленасыщенных потоков воздуха, что сопровождалось повышенным оседанием минеральных частиц на этом рубеже. На более низких уровнях подветренного склона древостой сохранялся более продолжительное время, соответственно возрастала мощность накапливающегося эолового материала.



Рис. 3. Разрез гумусовидного покрова в средней части подветренного склона г. Карабаш

склона ОБ на подветренный. Развитие дефляционного процесса привело к формированию гумусовидного покрова на подветренном склоне ОБ. Его мощность от водораздела до среднего уровня склона возрастает до 0,8 м. Ниже по склону этот покров уничтожен в результате развития эрозии, вызванной рубками леса и старательскими выработками. Эоловое формирование гумусовидного плаща сопровождалось накоплением в нем привнесенных с водораздела обломков породы, местами образующих прослой. На этом основании происхождение гумусовидного покрова можно характеризовать как техногенно-эрозионно-эоловое. Он перекрывает маломощный (30 см) щебнисто-обломочный слой. Глубже залегает грубосортированный щебнисто-суглинистый делювий. В днищах эрозионных каналов обнажаются коренные породы (рис. 3).

Увеличение вниз по подветренному склону мощности гумусовидного плаща обусловлено не только привнесом мелкозема и обломков плоскостным стоком, но и фитофактором. В условиях ветровой тени древостой меньше подвергался воздействию эмиссий и разрушался медленнее, чем на наветренном склоне ОБ. На своей верхней границе лес в значительной мере гасил скорость продвижения вниз по склону пыленасыщенных потоков воздуха, что сопровождалось повышенным оседанием минеральных частиц на этом рубеже. На более низких уровнях подветренного склона древостой сохранялся более продолжительное время, соответственно возрастала мощность накапливающегося эолового материала.

Зона толерантного состояния растительности. В зоне ТСР из многовидового разнообразия растительного покрова сохранилась только береза пушистая – вид, наиболее устойчивый к воздействию эмиссий МК. Относительно расположения МК по морфологическим признакам состояния берез весьма четко выделяются две подзоны: внутренняя, граничащая с зоной ТБ и постоянно испытывающая приземное задымление, и внешняя, подвергающаяся частому периодическому задымлению в силу повторяющихся инверсионных ситуаций и при безветрии. Для внутренней подзоны характерно распространение низкорослого кривоствольного березняка с признаками некроза листвы и частым сухостоем. Почвенный покров отсутствует. Внешняя подзона выделяется более высоким (до 10 м) древостоем без признаков деформации стволов. Суховершинность встречается редко, в небольшом количестве развит подрост березы. В обеих подзонах отсутствует наземный (мохово-травяной и кустарничковый) покров, поверхность покрыта слоем техногенной пыли.

Основным признаком деструкционных процессов является повсеместное развитие плоскостной эрозии. Формы линейной эрозии не характерны. Их формирование сдерживается корневой системой березового древостоя, а также относительной сухостью склонов – как следствие повышенной инфильтрации осадков в песчанисто-легкоуглинистом делювии и в элювии рассланцованных пород, а также ускоренного склонового стока по незадернованной поверхности.

Заключение

Размещение горно-металлургического производства в зоне разлома предопределено его расположением на территории месторождения колчеданных руд, генетически связанных с разломными структурами этой зоны. Тектоническая структура территории обуславливает наличие разрывных нарушений (продольных и оперяющих трещин), а также погруженных и приподнятых на разную высоту тектонических блоков, которым в современном рельефе соответствуют разновысотные уровни рельефа. В данном случае это долины, равнины, низкогрядовые и высокогрядовые комплексы рельефа.

Для изучаемой территории характерна повсеместная рассланцованность пород, которая обусловила повышенную гравитационную неустойчивость мелкоземисто-щебнистого элювия и элювио-делювия склонов высоких гряд, обращенных к разрывным структурам. В средней и нижней частях склонов она значительно усиливается на выходах под рыхлым покровом грунтовых вод зон повышенной трещиноватости пород.

Установлена взаимосвязь между тектонической структурой территории и ориентировкой гребней и долин. Азимутальные системы форм рельефа разных тектонических блоков и заложённых по разрывным структурам долин определяют условия аэрации разновысотных ландшафтных местностей. Наиболее сложная по аэрационным условиям обстановка складывается на равнине, где размещается МК и обусловлена ее ограничением с востока орографическим барьером – высокой грядой, протянувшейся вкост господствующим ветрам. Низкогрядовый рельеф, окружающий равнину с других сторон, не препятствует растеканию поллютантов от МК, но в то же время неблагоприятная ориентация гребней по отношению к розе ветров затрудняет аэрацию межгрядовых понижений.

Воздействие химически активных эмиссий медеплавильного производства и неконтролируемая рубка леса обусловили обезлесивание расположенных вблизи МК горных гряд и значительную деструкцию лесного покрова на некотором удалении от него, что спровоцировало развитие процессов техноморфогенеза. Разная интенсивность их проявления с удалением от МК обусловила формирование геоэкологических зон и подзон природно-техногенного конфликта: зоны техногенного бедленда и зоны толерантного состояния растительности, в которой различаются внешняя и внутренняя подзоны. В первой зоне на склонах высокой гряды сформировались мощные

эрозионные каналы, вскрывшие делювий подножий на глубину до 2,5–3 м, а также гумусовидный покров подветренного склона мощностью до 0,8 м. На склонах низких гряд сформировалась эрозионная сеть струйчатого вида с характерными для нее V-образными эрозионными формами глубиной до 1,5 м. Для второй зоны характерна повсеместно выраженная плоскостная эрозия. Развитие линейной эрозии сдерживается корневой системой березового древостоя, повышенной инфильтрацией влаги в песчанисто-легкосуглинистом делювии и элювии рассланцованных пород, а также ускоренным склоновым стоком по незадернованной поверхности. Таким образом, воздействие на среду химически активных эмиссий МК, размещенных в низкогорных ландшафтах, следует рассматривать как один из мощных факторов развития техно-морфогенеза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горелов С.К., Козлова А.Е., Тимофеев Д.А. Современные геоморфологические процессы на территории России и сопредельных стран (некоторые итоги составления сводной карты процессов м-ба 1 : 2500000) // Геоморфология. 1999. № 4. С. 19–28.
2. Кузьмин С.Б. Активные разломы как факторы геоморфологического риска и их ландшафтообразующая роль (общая концепция исследования) // Геоморфология. 1998. № 4. С. 3–9.
3. Никонов А.А. Активные разломы как фактор риска геоморфологических процессов (о проблеме и статье С.Б. Кузьмина) // Геоморфология. 1999. № 3. С. 27–32.
4. Макаров В.И. Об активных разломах и их рельефообразующей роли на Русской платформе // Геоморфология. 1999. № 3. С. 39–40.
5. Введенская Н.В. Цикличность планетарного развития разломных структур и геологических образований. М.: Изд-во Дизайн © Николай Попов, OMNI Marketing, 1998. 240 с.
6. Ивлев А.И., Лазарев П.В., Первов В.П. и др. Меднорудные месторождения Урала / Рудная база Урала. М.: Наука, 1972. С. 166–174.
7. Ракчеев А.Д. Закономерности размещения колчеданных тел на Урале (на примере Карабашской группы месторождений) // Сов. геология. 1992. № 7. С. 94–114.
8. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1996 г. М.: 1997. С. 168.
9. Хаин В.Е. Региональная геотектоника. Внеальпийская Европа и Западная Азия. М.: Недра, 1977. 359 с.
10. Агроклиматический справочник по Челябинской области. Л.: Гидрометеоздат, 1960. 115 с.

Московский государственный университет
Географический факультет

Поступила в редакцию
04.04.2000

AIR-TECHNOGENIC IMPACT ON GEOMORPHIC PROCESSES IN THE FAULT ZONE

G.S. MAKUNINA

S u m m a r y

The investigation area is situated in the Chelyabinsk district, South Ural. The brass works is situated close to firestone field and withing the zone of the ore control fault. Exogenic processes of the surrounding area change under the influence of the air pollutants of the brass works. These changes depend on the geomorphologic features and tectonic structure of the site: position of the different altitude levels, azimuth orientation of the landforms, schistosity of rocks, phreatic discharges on the slopes corresponding to zones of high jointing. The geomorphologic scheme of the area is compiled, showing also the boundaries of different geoecological zones. Mechanisms of the deflation and erosion and their intensity in the different zones are discussed.