

**ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЧВ,  
РАЗРУШАЕМЫХ ОТКРЫТЫМИ ГЕОТЕХНОЛОГИЯМИ  
В ЦЕНТРАЛЬНЫХ РАЙОНАХ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ****И. В. Зеньков\***

*Проведены исследования важнейших количественных и качественных показателей почвенного плодородного слоя, разрушаемого в процессе недропользования при добыче угля открытым способом. В ходе моделирования получены математические модели – уравнения, описывающие зависимости потерь почвенного плодородного слоя и его засорения подстилающими породами в процессе проведения рекультивационных работ. По результатам исследований установлено влияние первого этапа рекультивационных работ (снятие почв бульдозерной техникой) на изменение главного показателя плодородия почв – содержания гумуса на вновь создаваемых землях относительно его содержания в изъятых землях.*

Почвой называется поверхностный слой суши земного шара, возникший в результате изменения горных пород под воздействием живых и мертвых организмов (растительных, животных и микроорганизмов), солнечного тепла и атмосферных осадков. Почва представляет собой совершенно особое природное образование, обладающее только ей присущими строением, составом и свойствами. Важнейшим свойством почвы является ее плодородие, т. е. способность обеспечивать рост и развитие растений. Это свойство почвы представляет исключительную ценность для жизни человека и всех живущих на суше организмов. Плодородие почвы определяет ее важность как основного средства сельскохозяйственного производства [1]. Плодородие почвы состоит в способности почвы обеспечивать нормальный рост и развитие естественных и культурных растений. Плодородие естественных почв складывается в процессе их формирования под влиянием факторов почвообразования и оценивается продуктивностью естественной растительности. Плодородие обрабатываемых почв измеряется урожаем сельскохозяйственных растений и в значительной степени определяется уровнем сельскохозяйственного производства [2]. Основным качественным показателем почвенных слоев является наличие определенного содержания в них гумуса. В гумусе накапливаются и долгое время сохраняются элементы питания микроорганизмов. При постепенной минерализации эти элементы переходят в минеральные формы и используются растениями. При использовании почв в сельскохозяйственном производстве необходимо уметь регулировать количество гумуса в почве и улучшать его состав. На почвах с низким содержанием гумуса весьма проблематичным считается получение значимого урожая сельскохозяйственных культур. Поэтому к основным альтернативным мероприятиям по регулированию количества и состава гумуса в почве относится внесение органических и зеленых удобрений и др. Естественно, что работы по искусственному увеличению плодородия почв требуют дополнительных значительных ресурсных вложений.

Вместе с тем, важнейшим аспектом негативного техногенного воздействия на окружающую природную среду являются последствия недропользования. В регионах Центральной и Восточной Сибири (Кузбасс, Красноярский край, Иркутская область, Бурятия) производится интенсивная добыча угля открытым способом. В процессе ведения открытых горных работ разрушаются плодородные черноземные почвы. Не исключение из этого – земельные ресурсы Канской лесостепи, находящейся в центральных районах Красноярского края. На территории этого почвенно-географического района расположены крупные объекты недропользования: разрезы «Бородинский», «Переясловский», «Ирбейский», «Канский». Основными факторами негативного техногенного воздействия выступают следующие аспекты открытых горных работ: постоянное отставание темпов восстановления земель от темпов их изъятия; категории сдаваемых земель имеют категорию намного ниже до их изъятия. И если причины возникновения первого обстоятельства достаточно изучены, то причинами второго, на наш взгляд, служит низкая социальная ответственность бизнеса, связанная с игнорированием природных особенностей строения почвенных горизонтов, и некорректно подобранная технология рекультивационных работ. В этой связи исследование факторов, приводящих к снижению категории сдаваемых земель относительно категорий земель, находящихся в первоначальном состоянии, считается актуальной научной задачей.

***Материалы и методика исследований***

Программой исследований, проводимых под руководством автора, предусматривался комплекс работ, имеющий многостадийную структуру.

**На первой стадии** были проанализированы количественные и качественные характеристики почвенных ресурсов, слагающих земную поверхность, подвергающуюся влиянию открытых геотехнологий. В качестве первичной информации за основу нами брались отчеты по проведенным полевым работам, связанным с

\* © И. В. Зеньков, Красноярский государственный технический университет, 2006.

изучением почвенных ресурсов, в различные годы в Канской лесостепи [3, 4, 5, 6]. По почвенно-географическому районированию территория, подвергающаяся воздействию открытых геотехнологий, расположена в Канско-Ирбейском районе Ирбейско-Уярского округа Средне-Сибирской провинции. Рассматриваемая в работе провинция представлена серыми, лесными, выщелоченными и обыкновенными черноземными почвами, а также в меньшей степени разновидностями луговых почв. В почвенном покрове преобладают в лесной части дерново-подзолистые и серые лесные почвы, а в лесостепной ее части – черноземы. Структура и важнейшие характеристики почв представлены в табл. 1.

Таблица 1

Структура и основные характеристики почв в Канской лесостепи

Название почв	Структура, %	Мощность плодородного слоя, м	Содержание гумуса, %
Дерново-подзолистые	19	0,2-0,4	3,7-6,9
Серые оподзоленные почвы	26	до 0,3	2,9-4,9
Черноземы оподзоленные	12	до 0,45	до 7,15
Черноземы выщелоченные	12	до 0,7	6,8-7,9
Черноземы обыкновенные	10,5	до 0,42	6,9-7,1
Луговые	6	в среднем 0,78	14,6
Лугово-черноземные	6	0,48-0,6	8,6-11
Другие виды	8,5	в среднем 0,35	в среднем 4,6

Как видно из табл. 1 структура почв изучаемого района имеет значительное видовое разнообразие. Из таблицы также видно, что важнейший количественный показатель почв – мощность почвенного плодородного слоя (ППС) – и важнейший качественный показатель почв – содержание в нем гумуса – значительно варьируют в зависимости от типа почв. Под почвенным плодородным слоем в работе понимается гумусосодержащий горизонт с содержанием гумуса более 1 %. Почвы с содержанием гумуса от 2,9 до 14,6 %, используемые в сельском хозяйстве, в растениеводстве имеют высокую урожайность злаковых, бобовых, овощных и других культур [7].

*На второй стадии* нами были проанализированы качественные и количественные показатели почвенных участков, находящихся в перспективных контурах горных работ угольных разрезов «Бородинский», «Переясловский», «Ирбейский», «Канский». Все горные отводы перечисленных угольных разрезов располагаются на территориях сельскохозяйственных предприятий, интенсивно занимающихся растениеводством. Для изучения влияния комплекса рекультивационных работ, а именно проводимых на первом этапе – снятии ППС на изменение качественных и количественных характеристик ППС, при помощи ручного бура нами были отобраны образцы почв на предмет определения мощности их распространения в глубину, а также содержания в них гумуса.

В качестве основного объекта исследования нами был взят почвенный участок, находящийся в перспективных контурах развития горных работ разреза «Бородинский». Фронт горных работ разреза имеет протяженность 5,0 км. Годовое подвигание фронта горных работ составляет в среднем 60 – 80 м в зависимости от планируемого уровня объема добычи угля. Участок земной поверхности, подвергающийся разрушению открытыми геотехнологиями в течение одного календарного года, обладает площадью 30 – 40 га. Площадь земельных ресурсов, навсегда выбывающих из сельскохозяйственного оборота, имеет адекватную величину.

В перспективных контурах годового подвигания горных работ разреза «Бородинский» был пробурен 81 шпур диаметром 60 мм на глубину до 0,7 м. Комплекс работ по отбору образцов почв проводился в несколько этапов.

На первом этапе было пробурено 6 шпуров с шагом в 1,0 км. При подсчете объема гумусового горизонта ширина полосы земной поверхности принималась нами равной 75 м. Данная величина была взята на основании среднего за последние пять лет показателя годового подвигания фронта горных работ. По предварительным расчетам объем ППС в исследуемых контурах равен 132,1 тыс. м<sup>3</sup>. На втором этапе было пробурено 5 дополнительных шпуров с целью корректировки объемов в сторону их уточнения. Шаг отбора почвенных образцов при этом уменьшился до 500 м. Объем ППС в этом случае был скорректирован до уровня 122,9 тыс. м<sup>3</sup>. На последующих трех этапах было пробурено дополнительно 70 шпуров. В итоге полученная информация о количественном показателе – мощности ППС явилась на предпоследнем и последнем этапах проведения расчетов обстоятельством, не приводящим далее к уточнению объема снимаемого почвенного плодородного слоя. Окончательный объем почвенного плодородного слоя для дальнейших исследований принят нами на уровне 106,5 тыс. м<sup>3</sup>. Пересчет объемов ППС, исходя из количества проб, равного 80, приводит к уточнению его уровня на 5 %, что находится в пределах допустимой ошибки при подсчете объемов геометрических фигур в ходе решения подобных задач (рис. 1).



Рис. 1. График зависимости объема почвенного плодородного слоя по этапам его корректировки

На третьей стадии был построен вариационный ряд, состоящий из вариантов количественного показателя – мощности распространения ППС в глубину. Установлено, что дальнейшая обработка показателей вариационного ряда представляется затруднительной. Поэтому для удобства работы с информационной базой все данные были сгруппированы в интервальные ряды. Размер интервального ряда определен по общеизвестной формуле Стерджесса. Согласно проведенным расчетам, все имеющиеся значения были разделены на семь групп. В результате группировки получен интервальный вариационный ряд для дальнейшей статистической обработки. Каждый из 80 почвенных участков протяженностью 62,5 м занял свое место в соответствующем интервале (табл. 2).

Таблица 2

Группировка почвенных участков по мощности плодородного гумусосодержащего слоя

Мощность почвенного плодородного слоя, м	Среднее значение мощности, м	Содержание гумуса, %	Количество участков в группе
0,12 – 0,18	0,15	4,8	8
0,18 – 0,24	0,21	5,3	12
0,24 – 0,30	0,27	5,9	18
0,30 – 0,35	0,325	6,3	16
0,35 – 0,40	0,375	7,4	13
0,40 – 0,46	0,43	8,6	9
0,46 – 0,52	0,49	10,5	4

Для дальнейших расчетов были определены статистические показатели: количественных характеристик ППС – средневзвешенное значение мощности ППС = 0,306 м и значение моды вариационного ряда с равными интервалами (центр распределения) = 0,286 м; качественных характеристик – средневзвешенное значение содержания гумуса = 6,56 %. Информация о количественных и качественных показателях ППС, обработанная с помощью методов статистики, использована нами в дальнейших исследованиях при установлении влияния существующих технологий рекультивации на их изменение.

#### Результаты и обсуждение

В настоящее время на всех без исключения угольных разрезах выполняются работы по горнотехнической рекультивации. Как было установлено ранее, под горные работы отчуждаются пахотные сельскохозяйственные земли, имеющие большое значение для растениеводческого направления. Выбор технологии горнотехнической рекультивации зависит от вида последующего использования рекультивируемых площадей. Заранее оговаривается обстоятельство перевода земельных ресурсов с потерей их качественных показателей – прежде всего, уменьшенным содержанием гумуса, а соответственно, и снижением категории сдаваемых земельных ресурсов. Поэтому и технология рекультивации разрабатывается с учетом того, что сдаваемые земли будут иметь более низкую категорию, чем та, которая была им присвоена до их изъятия для целей недропользования. В результате реализации комплекса рекультивационных работ сдаваемые земли имеют в лучшем случае категорию «земли для лесохозяйственного использования». Исследованиями [7] установлено, что урожаи сельскохозяйственных культур значительно выше на почвах, созданных в процессе горнотехнической рекультивации и имеющих содержание гумуса не менее 3,0 – 3,5 %, в сравнении с землями, имеющими содержание гумуса 1,5 – 2,0 %.

Комплекс горнотехнической рекультивации включает основные этапы: снятие почвенного слоя и создание временных его хранилищ (буртов); погрузка ППС в транспортные средства; транспортировка ППС до места его укладки; разравнивание равномерным слоем на поверхности породных отвалов либо на земной

поверхности с низким качеством почвенного плодородного слоя или с небольшой мощностью ППС, т.е. на поверхности малопродуктивных сельскохозяйственных угодий [8].

В данной работе рассматриваются последствия влияния технологий снятия ППС на изменение количественных и качественных показателей категорий изъятых и сдаваемых после недропользования земель.

Итак, общеизвестно, что первый этап горнотехнической рекультивации проводится с использованием мощной бульдозерной техники ДЭТ-250, Т-330 и зарубежных аналогов фирм «Comatsu» и «Caterpillar». В процессе работы этих механизмов рабочий орган – отвал бульдозера - имеет горизонтальную траекторию перемещения. В процессе его механического передвижения происходит набор породы и ее последующее перемещение до места ее укладки. Траектория перемещения отвала бульдозера полностью копирует рельеф земной поверхности. В данной ситуации заглублиение отвала может изменяться в диапазоне от 0,05 – 0,1 до 1 м. Соответственно техническим возможностям, а также «человеческому фактору» (имеется в виду визуальное восприятие процесса снятия почвы оператором бульдозера) величина заглублиения отвала может находиться в диапазоне от 0,1 до 0,52 м.

Для предварительной оценки показатков на предмет преобладания потерь или засорения при снятии на них ППС нами построены графики, показывающие асимметрию распределения (рис. 2).

При симметричном распределении варианты, равноудаленные от среднего значения мощности ППС, имеют одинаковую частоту появления в вариационном ряду (средняя ветвь графика на рис. 2). В этом случае равномерность распределения ряда влечет за собой появление потерь и засорения ППС в равной степени на участках с разными количественными показателями почв. Если значение коэффициента асимметрии (нормированный момент третьего порядка) становится меньше нуля (левая ветвь графика), то в вариационном ряду преобладают варианты, имеющие меньшую степень засорения подстилающими породами. При снятии на них ППС засорение будет минимальным и средневзвешенный показатель содержания гумуса будет увеличиваться в целом по всему объему снятия ППС. Наличие положительной асимметрии в вариационном ряду (правосторонняя скошенность) характеризуется значением коэффициента асимметрии больше нуля, и в вариационном ряду преобладают варианты, имеющие большую степень засорения ППС подстилающими породами.

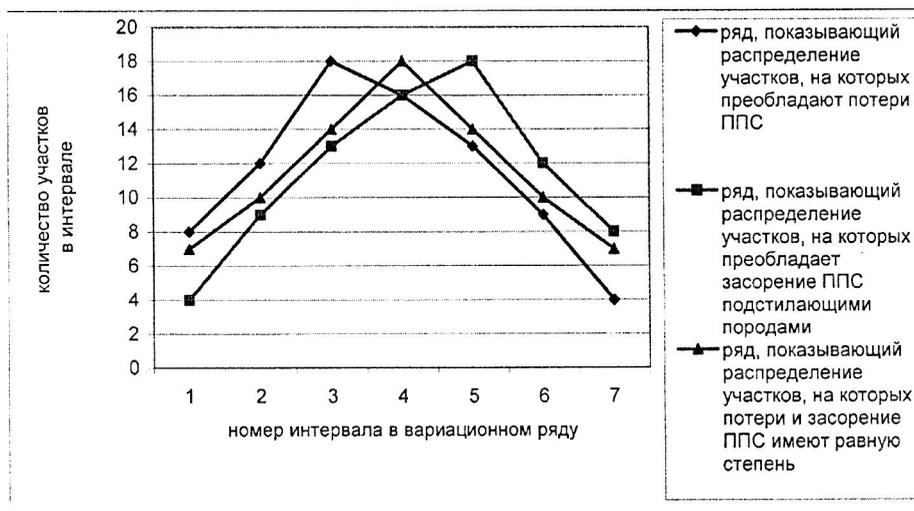


Рис. 2. Графики асимметрии распределения значений потерь и засорения ППС в зависимости от толщины почвенного слоя

На фотографиях, представленных на рис. 3 и 4, сделанных автором статьи в июне 2005 года, видно, что снятый и уложенный в бурты ППС весьма засорен подстилающими породами, имеющими карбонатное происхождение. Об этом говорит белый цвет поверхности созданного бурта. Объемы «прирезки» подстилающих пород достаточно велики, т. к. вся поверхность бурта имеет явно выраженный белый цвет, в который окрашены подстилающие карбонатные породы. Кроме того, на фотографии рис. 3 хорошо видно, что на отдельных участках цвет буртов присутствует естественный черный цвет гумусосодержащего горизонта. Это говорит о том, что мощность ППС значительно варьирует на всем протяжении фронта горных работ, что и приводит к его засорению в процессе снятия его бульдозерной техникой, ориентированной на максимальное значение мощности залегания ППС.



Рис. 3. Фрагмент временного хранилища почвенного плодородного слоя, создаваемого на первом этапе горнотехнической рекультивации (разрез «Бородинский», июнь 2005 года)



Рис. 4. Фрагмент временно складированного почвенного плодородного слоя, засоренного карбонатными подстилающими породами – слева от центра и по центру фотографии (разрез «Бородинский», июнь 2005 года)

В результате статистической обработки данных нами были получены зависимости возникаемых потерь и засорения ППС в результате воздействия на него бульдозерной техники (рис. 5) на первом этапе проведения комплекса работ по горнотехнической рекультивации – снятию ППС. Исследования, проводимые с целью выявления влияния существующих технологий рекультивационных работ на изменение качественных показателей почв, позволили установить эмпирические и теоретические зависимости потерь и засорения ППС от толщины снимаемого слоя [8,10]. Уравнение для определения объема подстилающих пород, не содержащих гумуса и примешиваемых к снимаемому ППС, имеет вид  $y = 34,6x^2 - 686x + 3247$ , м<sup>3</sup>. Уравнение для определения объема теряемого ППС в годовых контурах горных работ –  $y = 45,8x^2 - 4296x + 100464$ , м<sup>3</sup>. Технология снятия ППС при максимальной его толщине обуславливает возникновение засорения их подстилающими породами и неизбежно приводит к снижению содержания гумуса до уровня 0,8 – 1,2 %.

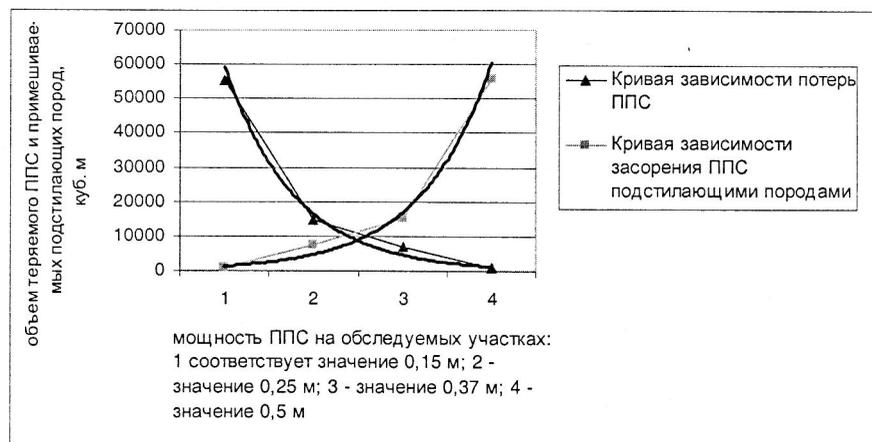


Рис. 5. Эмпирические и теоретические зависимости потерь ППС и его засорения подстилающими породами

Анализ зависимостей, изображенных на графике (рис. 5), показывает, что при снятии ППС бульдозерной техникой по максимальной его мощности объемы снятия подстилающих пород достигают максимальных значений; при толщине снимаемого слоя, равной средневзвешенной мощности ППС, потери и засорение равны между собой и находятся на уровне примерно 10 %.

При рассмотрении протяженности фронта горных работ, достигающего значительных величин (3 – 5 км), особое внимание должно уделяться участкам ППС, мощность которых в несколько раз меньше средневзвешенного показателя, так как именно они подвержены влиянию технологий, в результате которых значительно снижается содержание гумуса. В группах 1 – 3 вариационного ряда происходит снижение содержания гумуса с 4,3 – 5,3 % до показателя 1,3 – 2,0 %. Суммарная протяженность участков, входящих в группы 1 и 2 равна 1, 25 км. Площадь земель при этом составит 12 га. Естественно, что современные технологии производства работ по рекультивации требуют существенной корректировки.

#### Выводы

1. Анализ морфологического строения почвенных участков, разрушаемых открытыми геотехнологиями, позволил выявить вариацию количественного показателя – мощности почв в диапазоне от 0,12 до 0,52 м на пятикилометровом протяжении фронта горных работ, а также вариацию качественного показателя – содержания гумуса в диапазоне 4,8 – 10,5 %.
2. Существующие технологии снятия ППС созданы без учета особенностей природного строения разрушаемых почв, что приводит к его засорению подстилающими породами, не содержащими гумусовых органических веществ.
3. Снятие почв на первом этапе горнотехнической рекультивации вдоль фронта горных работ производится без учета толщины снимаемого слоя, значительно варьирующего в диапазоне 0,12 – 0,52 м.
4. На первом этапе проведения работ по горнотехнической рекультивации – снятию плодородного почвенного слоя - происходит изменение основного качественного показателя разрушаемых почв – снижение содержания гумуса в них в 2-3 раза.
5. Уменьшение содержания гумуса в разрушенных почвах влечет за собой изменение категории земель, изъятых для целей недропользования, с «почвы для сельскохозяйственного назначения» на категорию «почвы для лесохозяйственного назначения».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасьева Т.В. Почвы СССР / Т.В. Афанасьева, В.И. Василенко, Т.В. Терешина и др. - М.: Мысль, 1979. - 380 с.
2. Добровольский В.В. География почв с основами почвоведения: учебник для вузов / В.В. Добровольский. - М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 1999. - 384 с.
3. Очерк почвы совхоза «Искра», п/я Р-6241 и рекомендации по их использованию / Институт «Востсибгипрозем». - Красноярск, 1976. - 173 с.
4. Технический отчет по почвенным изысканиям совхоза «Искра» Рыбинского района Красноярского края / Институт «Востсибгипрозем». - Красноярск, 1991. - 109 с.
5. Почвенный и агрохимический очерк культурного многолетнего пастбища / Сибирский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации. - Красноярск, 1975. - 39 с.
6. Пояснительная записка к материалам комплексного агрохимического обследования сельскохозяйственных угодий ПХ «Искра» ФГУП ПО ЭХЗ Рыбинского района, Красноярского края / Федеральное государственное учреждение «Станция агрохимической службы «Солянская». - С. Новая Солянка, 2005. - 21 с.
7. Колбасин А.А. Рациональная разработка недр и охрана природы на карьерах / А.А. Колбасин и др.. – М.: Недра, 1983. - 117 с.
8. Сметанин В. Рекультивация и обустройство нарушенных земель / В. Сметанин. - М.: КолосС, 2003. - 94 с.
9. Вероятность и математическая статистика: Энциклопедия / гл. ред. Ю.В. Прохоров. - М.: Большая Российская энциклопедия, 1999. - 919 с.

#### QUALITATIVE CHARACTERISTICS INVESTIGATION OF SOIL DESTROYED WITH OPEN GEOTECHNOLOGIES IN CENTRAL DISTRICTS OF KRASNOYARSK REGION

I. V. Senkov

*The author has investigated the most important quantitative and qualitative indexes of fertile soil layer destroyed in the process of using earth bowels while extracting coal with open way. In the process of modeling we got mathematical model-equations describing the correlations of losses of fertile soil layer and its contamination of rock underlayers while carrying out recultivating jobs. According to research results it was determined the influence of the first step of recultivating jobs (soil removal with bulldozer techniques) on the main index change of soil fertility that is the humus content in newly recovered soils relative to its content in extracted soils.*