

АГРОХИМИЯ И ПОЧВОВЕДЕНИЕ

УДК 631.417

doi: 10.17223/19988591/19/1

И.В. Комачкова, Л.Н. Пуртова

Биолого-почвенный институт ДВО РАН (г. Владивосток)

ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ И ЭНЕРГОЗАПАСЫ ПОЧВ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ЮГА ПРИМОРЬЯ

Исследованы почвы техногенных ландшафтов, сформировавшиеся на отвальных породах Павловского бурогоугольного месторождения при самозарастании. Выявлено, что в процессе самозарастания отвальных пород изменяется состав растительности и происходит постепенное накопление растительного органического вещества с последующей его трансформацией в гумусовые соединения. Установлены различия в морфологическом строении почвенного профиля, гумусном состоянии, энергетических параметрах и отражательной способности почв в зависимости от временной стадии их развития. Показано, что с удлинением временной стадии формирования почв на отвалах увеличиваются содержание гумуса, энергозапасы почв, показатели степени гумификации органического вещества, изменяется тип гумуса и снижается доля агрессивной фракции фульвокислот. Показатель интегрального отражения предложен в качестве индикационного параметра для оценки стадийности протекания гумусообразовательных процессов на отвальных породах.

Ключевые слова: гумус; литострат; энергозапасы органической части почв; мортмасса; показатель интегрального отражения почв.

Введение

Процесс освоения минерального сырья на юге Дальнего Востока способствует возникновению техногенных, в частности карьерно-отвальных ландшафтов, занимающих обширные площади. Эта проблема остро касается и Приморского края, где общий объем вскрышных пород только от ежегодной угледобычи составляет около 80 тыс. т. В настоящее время в крае зарегистрировано 63 отвала вскрышных и вмещающих пород, 17 хвостохранилищ, 7 крупных золоотвалов общей площадью более 7 тыс. га [1]. Поэтому проблема рекультивации промышленных отвалов, т.е. устранение их вредного воздействия и возвращение землям, занятым отвалами, утраченной биологической продуктивности приобретает важное народно-хозяйственное и социальное значение. При технико-экономическом обосновании проведения рекультивационных работ необходимо учитывать специфику почвообразовательных процессов на отвальных породах, что можно использовать для

ускорения формирования почвенного покрова. В связи с этим исследование закономерностей формирования почв в условиях техногенных ландшафтов приобретает большую значимость и актуальность. Как известно, основными процессами почвообразования в молодых почвах техногенных ландшафтов являются процессы накопления и трансформации органического вещества в гумусовые соединения. В зависимости от временного интервала становления регенерационных экосистем по-разному проявляется процесс гумусообразования, отражаясь в облике формирующегося почвенного профиля, показателях гумусного состояния и энергетических параметрах почв. При этом энергетические условия почвообразования и оптико-энергетические параметры органоминеральной основы почв служат важными интегральными характеристиками, позволяющими наиболее полно познать специфику внешних экологических условий формирования почв и внутренних почвенно-экологических свойств [2].

Целью работы является выявление общих закономерностей в изменении гумусово-энергетических параметров почв техногенных ландшафтов в зависимости от временной стадии их развития.

Материалы и методики исследования

Почвы техногенных ландшафтов предлагается, согласно классификации почв 2004 г. [3], отнести в группу натурфабрикаты, подгруппу – литостраты (по мере эволюции органического вещества, придерживаясь ранее разработанной И.М. Гаджиевым и В.М. Курачевым классификации [4]) и разделить на литостраты инициальные, органо-аккумулятивные, дерновые и гумусово-аккумулятивные [5].

Исследования проводились на территории Павловского буроугольного месторождения, расположенного в Михайловском районе Приморского края. Согласно схеме гидротермического районирования Приморского края, Павловское месторождение входит в Приханкайскую гидротермическую провинцию, где сумма активных температур достигает $2\,500^{\circ}\text{C}$, осадков выпадает до 600 мм в год [6]. Затраты энергии на почвообразовательные процессы составляют $30,6 \text{ ккал/см}^2$ в год [7]. Характер рельефа низменный. Из растительности преобладают разнотравно-злаково-вейниковые и осоково-вейниковые группировки [8].

Объектами исследований послужили почвы, сформированные на разновозрастных отвальных породах. Породы, слагающие отвалы на территории Павловского месторождения, представлены в основном рыхлыми покровными отложениями суглинистого и глинистого состава. Почвенные разрезы закладывались в трансаккумулятивных позициях склонов породных отвалов. Таким образом, было проведено сравнение профилей почв, располагающихся на одних и тех же элементах рельефа, но имеющих различный временной период формирования.

Определение гумуса, его фракционно-групповой состав, запасы энергии в почвенном гумусе исследовали общепринятыми методами [9, 10]. Показатели гумусного состояния почв характеризовали согласно оценочным шкалам, предложенным Д.С. Орловым с соавт. [11]. Отражательную способность почв определяли на спектрофотометре СФ-18 (Россия). Для расшифровки спектров рассчитан показатель интегрального отражения [12].

Результаты исследования и обсуждение

Самозарастание изученных породных отвалов происходит постепенно. Так, на отвальных породах территории Павловского месторождения можно выделить четыре стадии становления растительности.

Первая – пионерная, длительностью до 3 лет, характеризуется заселением отвалов преимущественно представителями семейств хвощевых и астровых. Проектное покрытие на годичном отвале составляет 5%. Общие запасы растительного органического вещества очень низкие и не превышают 10 г/м². Мортмасса на этих участках не накапливается. На трехлетнем отвале проективное покрытие увеличивается до 80–90%. Общий запас растительного органического вещества возрастает до 330 г/м² (табл. 1). На отвале местами отмечается накопление мертвого органического вещества в виде фрагментарной подстилки.

Вторая – стадия простой растительной группировки продолжительностью до 12 лет, когда развиваются хвощево-злаково-полынные и хвощево-бобово-полынные группировки. На восьми- и двенадцатилетних отвалах представители пионерной растительности начинают выпадать из состава травостоя. В фитоценозе резко сокращается доля представителей хвощевых и увеличивается количество представителей бобовых и астровых. Проектное покрытие растительности колеблется от 70 до 90%. По сравнению с трехлетним отвалом увеличились общие запасы растительного органического вещества до 500–590 г/м². На этом этапе происходит интенсивное накопление мертвого растительного органического вещества в виде подстилки в среднем от 270 до 300 г/м².

Третья стадия – сложная растительная группировка продолжительностью примерно до 15 лет. В данном случае доминантами становятся злаково-бобовые травы, в меньшем количестве развитие получают полынные группировки. Проектное покрытие на тринадцатилетнем отвале составляет 90–100%. Общий запас растительного органического вещества, по сравнению с ранее рассмотренными отвалами, увеличился до 583 г/м², и значительно снизилось количество мортмассы до 124 г/м².

Четвертая стадия – развитие экосистемы с замкнутой растительной группировкой – отмечена на отвалах, возраст которых более 15 лет. В видовом составе растительности возрастает количество бобовых и разнотравья, в результате чего на этой стадии формируется разнотравно-злаково-бобовый фитоценоз. Проектное покрытие растительности составляет 90–100%.

Общий запас растительного органического вещества сократился до 275 г/м², и резко уменьшилось количество мортмассы (до 30 г/м²), что в первую очередь связано с явным усилением процессов трансформации органического вещества и переходом фитоценозов в более устойчивое состояние.

Т а б л и ц а 1

**Запасы растительного органического вещества на отвальных породах
Павловского угольного месторождения, г/м²**

Возраст отвала	Запасы фитомассы	Мортмасса	Общий запас растительного органического вещества
	г/м ²		
1 год	8	Не накапливается	8
3 года	266	64	330
8 лет	312	277	589
12 лет	207	305	512
13 лет	459	124	583
18 лет	245	30	275

В зависимости от временной стадии развития растительности на отвальных породах, накопления мертвого растительного органического вещества и усиления процессов его трансформации изменяется и поступательный процесс гумусонакопления. Все это приводит к формированию морфологического профиля и дифференциации его по основным физико-химическим показателям. Сравнительный анализ морфолого-генетического строения более 20 почвенных профилей с различным временным периодом их формирования позволяет выделить (с определенной долей условности) 4 типа почв: литостраты инициальные, период формирования до 3 лет; литостраты органо-аккумулятивные, формирующиеся в период до 12 лет; литостраты дерновые, формирующиеся на отвалах, возраст которых не превышает 15 лет; литостраты гумусово-аккумулятивные, развивающиеся на отвалах с возрастом более 15 лет. Таким образом, каждой из выделенных стадий развития растительности соответствует определенный тип почв. Как отмечает В.А. Андроханов, одновременность, взаимозависимость и взаимообусловленность развития почвы и почвенных биоценозов определяют специфику почв техногенных ландшафтов: сингенетичность почвенно-генетических и биологических процессов [13].

В литостратах инициальных из-за отсутствия устойчиво функционирующих биоценозов интенсивность педогенного преобразования глинистого материала отвалов крайне ослаблена. Поэтому для данного типа почв свойствен неразвитый профиль с отсутствием четко выраженного биогенного горизонта. В связи с этим они отличаются очень малым содержанием гумуса (до 0,5%) и его запасов (до 6 т/га). Характерный морфологический профиль литострата на 3-летнем отвале имеет следующий вид: CI (0–12 см) – CII (12–35 см), CIII (35–50 см). Литостраты инициальные характеризуются сла-

бой степенью гумификации органического вещества и высоким содержанием водорастворимых органических соединений. Поверхностные горизонты имеют высокую степень обогащенности гумуса азотом. Гумус имеет очень фульватный состав ($C_{ГК}/C_{ФК} < 0,5$) в поверхностном горизонте и фульватный – в нижележащем (0,63). На долю гуминовых кислот, «свободных» и связанных с полуторными окислами, приходится 43%, что оценивается как среднее содержание. Количество гуминовых кислот, связанных с Ca^{2+} , характеризуется как очень низкое, «агрессивной» фракции (1а), фульвокислот – среднее (табл. 2). Оптическая плотность гуминовых кислот в поверхностных горизонтах литостратов инициальных характеризовалась как крайне низкая ($< 0,02$). В однолетнем литострате зафиксированы высокие показатели интегрального отражения (R): от 65% в поверхностном горизонте до 70% – в нижележащем.

Т а б л и ц а 2

Показатели гумусного состояния литостратов

Гори- зонт	Гу- мус, %	Доля «сво- бодных» гуминовых кислот	Доля гу- миновых кислот, связан- ных с Са ²⁺	Доля ФК-1а, % от С _{общ}	С _{ГК} / С _{ФК}	Степень гумифика- ции С _{ГК} / С _{общ} · 100, %	С _{водн} ² % от С _{общ}	С:N	Опти- ческая плот- ность ГК	
		% от суммы ГК								
Литострат инициальный 3 года										
СИ	0,21	42,8	14,3	6,4	0,49	11,9	1,8	2,0	0,018	
СП	0,53	32,5	20,3	5,1	0,63	17,2	1,6	—	—	
Литострат органо-аккумулятивный 8 лет										
СИ	0,63	20,3	35,2	9,8	0,68	22,7	1,3	4,1	0,023	
СП	0,32	41,7	13,7	12,9	0,40	18,2	1,5	—	—	
Литострат органо-аккумулятивный 12 лет										
СИ	0,74	47,0	15,4	7,9	0,69	26,2	1,3	3,9	0,024	
СП	0,32	44,5	17,6	3,8	0,57	18,2	1,4	—	—	
Литострат дерновый 13 лет										
АУ	1,11	22,8	36,9	7,1	0,83	23,8	1,1	4,3	0,031	
СИ	0,37	34,4	19,9	13,0	0,51	19,2	1,5	—	—	
Литострат гумусово-аккумулятивный 18 лет										
АУ	8,00	27,8	31,7	5,0	1,1	33,1	0,2	19	0,21	
С	1,13	30,1	25,3	4,0	0,62	20,9	1,2	—	—	

Примечание. ГК – гуминовые кислоты; ФК-1а – «агрессивная» фракция фульвокислот; $C_{водн}^?$ – водорастворимые органические соединения; C:N – обогащенность гумуса азотом.

В литострате на трехлетнем отвале максимальное значение интегрального отражения (53%) соответствует поверхностному горизонту C_1 , ниже наблюдается снижение интегрального отражения до 43%, что, по-видимому, связано с неравномерным распределением гумусовых веществ по профилю почвы и с некоторой неоднородностью породного состава отвала. С содержанием гумуса в почве тесно связаны энергетические запасы. На данном

этапе, в связи с тем что гумус практически отсутствует, накопление энергии в почве происходит в малых количествах, не превышающих 13 МДж/м².

Органо-аккумулятивные литостраты, как и инициальные, относятся к почвам ранних стадий развития. Для них характерны слабое развитие биогенных процессов и невысокая интенсивность педогенных преобразований. Отличительной чертой морфологического строения профиля органо-аккумулятивных литостратов является наличие горизонта подстилки мощностью от 1 до 3 см: АО (0–1 см) – CI (1–4 см) – CII (4–17 см) – CIII (17–50 см). Литостратам органо-аккумулятивным свойственно некоторое увеличение содержания гумуса в поверхностных горизонтах до 0,6–0,75%. Вниз по профилю содержание гумуса сокращается до 0,2–0,3%. Запасы гумуса в слое 0–20 см составляют 10–13 т/га, количество энергии, аккумулированной в гумусе, увеличивается до 22,7–27,5 МДж/м². Степень гумификации органического вещества возрастает до средних значений. Обогащенность гумуса азотом и содержание водорастворимых органических соединений остаются на уровне очень высоких и высоких значений. Гумус органо-аккумулятивных литостратов имеет фульватный состав. Содержание 1-й фракции гуминовых кислот в поверхностных горизонтах литостратов на 12-летнем отвале характеризуется как среднее, на 8-летнем – низкое. Количество гуминовых кислот, связанных с Ca²⁺, очень низкое и низкое, содержание «агрессивной» фракции (1а) фульвокислот – среднее. Показатель интегрального отражения в поверхностных горизонтах литостратов органо-аккумулятивных уменьшается от 43 до 39%.

Формирование дерновых литостратов связано с развитием разнотравно-злаковой растительности, в составе которой сокращается доля длиннокорневичных растений и возрастает количество рыхлокустовых злаков. Строение профиля дерновых литостратов имеет следующий вид: АО (0–0,5 см) – AY (0,5–3 см) – CI (3–6 см) – CII (6–19 см) – CIII (19–30 см) – CIV (30–50 см). Содержание гумуса в дерновом горизонте возрастает до 1,1%, по сравнению с почвами более ранних стадий развития. Запасы гумуса и количество энергии в слое 0–20 см несколько снижаются из-за низких параметров плотности почв, в среднем до 12 т/га и 24,6 МДж/м². Степень гумификации органического вещества, так же как и в литостратах органо-аккумулятивных, – средняя в поверхностном горизонте и слабая – в нижележащем. Обогащенность гумуса азотом характеризуется как очень высокая, содержание $C_{\text{вод}}$ уменьшается до 1,1% от $C_{\text{общ}}$, оставаясь на уровне высоких значений. Отношение $C_{\text{ГК}}/C_{\text{ФК}}$ в поверхностном горизонте возрастает до 0,91 – гумус гуматно-фульватного состава. В нижележащем горизонте соотношение $C_{\text{ГК}}/C_{\text{ФК}}$ уменьшается до 0,51, что соответствует фульватному типу гумуса. По содержанию основных фракций гуминовых кислот литостраты дерновые имеют общие черты с литостратами органо-аккумулятивными.

Литостраты дерновые, как и органо-аккумулятивные, характеризовались очень низкой оптической плотностью гуминовых кислот. Параметры

интегрального отражения в поверхностных горизонтах профиля снизились до 30%.

Для литостратов гумусово-аккумулятивных свойственно более интенсивное развитие гумусообразовательного процесса, который проявляется в формировании гумусового горизонта мощностью 5–6 см. Характерное строение профиля гумусово-аккумулятивного литострата имеет вид АО (0–0,5 см) – АU (0,5–6 см) – СI (6–17 см) – СII (17–28 см) – СIII (28–50 см). Для них свойственно резкое увеличение содержания гумуса до 8,0%, его запасов (до 66 т/га) и, следовательно, энергозапасов в слое 0–20 см в среднем до 136 МДж/м². Вниз по профилю происходит резкое снижение гумуса до 1,1–0,2%. Степень гумификации органического вещества в поверхностных горизонтах соответствует уровню высоких значений, содержание водорастворимых органических соединений среднее (0,2% от $C_{\text{общ}}$). Обогащенность гумуса азотом снижается до уровня очень низких значений, что связано с медленными темпами накопления азота в почвах. Поверхностные горизонты отличаются фульватно-гуматным составом гумуса, в нижележащих гумус имеет фульватный состав. Содержание фракций гуминовых кислот, «свободных» и связанных с полуторными окислами, связанных с Ca^{2+} , а также «агрессивной» фракции (1а) фульвокислот – низкое (см. табл. 2). Что касается доли гуминовых кислот, прочно связанных с минеральной основой, то она оценивается как высокая во всех рассмотренных литостратах и составляет более 30%. Оптическая плотность гуминовых кислот в поверхностных горизонтах литостратов гумусово-аккумулятивных характеризовалась как высокая. На явное усиление гумусообразовательных процессов указывало и снижение параметров интегрального отражения до 23%.

Стоит отметить, что между содержанием органического углерода в литостратах и интегральным отражением установлена обратная корреляционная зависимость (коэффициент корреляции 0,80). Кроме того, были установлены корреляционные связи показателей основных компонентов, фракций гумуса с энергетическими запасами и интегральным отражением. Зависимость между интегральным отражением и суммой гуминовых кислот, а также энергозапасами почв является обратной (табл. 3). Слабая корреляционная зависимость установлена между суммой фульвокислот (Σ ФК), содержанием агрессивной фракции фульвокислот (1а ФК), первой фракции гуминовых кислот (ГК1) и интегральным отражением почв (R).

Корреляционная связь энергозапасов почв с суммой фульвокислот, агрессивной фракцией фульвокислот и с содержанием 1-й фракции гуминовых кислот носит обратный характер. Связь остальных показателей фракций гумуса с энергозапасами почв выражена очень слабо либо не выражена совсем (табл. 3).

Если предположить нелинейную экспоненциальную аппроксимацию [14], то для литостратов Павловского месторождения зависимость инте-

грального отражения от содержания гумуса, выражающаяся формулой $R(C) = (R_{\max} - R_{\min}) \cdot e^{kC}$, где $R(C)$ – интегральное отражение; $R_{\max}$, $R_{\min}$ – то же с максимальным и минимальным содержанием гумуса; C – содержание гумуса в почве; k – коэффициент связи, может быть представлена следующей формулой: $R(C) = 23 + 30,2e^{-0,75C}$. Числовые значения коэффициентов этой формулы отличаются от величин, соответствующих ненарушенным почвам равнинных территорий Приморского края: $R(C) = 9,3 + 32e^{-0,15C}$ [15]. Это обусловлено более высокой отражательной способностью в связи с низким содержанием гумуса в поверхностных горизонтах литостратов и преобладанием в его составе фракций фульвокислот, по сравнению с почвами природных ландшафтов.

Таблица 3

Корреляционная связь между показателями основных компонентов (ΣGK , ΣFK), фракций гумуса с интегральным отражением и энергозапасами литостратов

Корреляционные пары	Коэффициент корреляции	Корреляционные пары	Коэффициент корреляции
$C_{\text{орг}} - R$	-0,80	$\Sigma GK - QC_{\text{орг}}$	+0,09
$\Sigma GK - R$	-0,56	$\Sigma FK - QC_{\text{орг}}$	-0,80
$\Sigma FK - R$	+0,44	$GK1 - QC_{\text{орг}}$	-0,66
$GK1 - R$	+0,32	$GK2 - QC_{\text{орг}}$	+0,31
$GK2 - R$	-0,59	$GK3 - QC_{\text{орг}}$	-0,44
$GK3 - R$	-0,13	$1a FK - QC_{\text{орг}}$	-0,71
$1a FK - R$	+0,59	$R - QC_{\text{орг}}$	-0,68

Примечание. $C_{\text{орг}}$ – содержание органического углерода в почве, %; R – интегральное отражение, %; $QC_{\text{орг}}$ – энергозапасы органической части почв в слое 0–20 см (МДж/м²); ΣGK , ΣFK – суммы гуминовых и фульвокислот; $GK1$, $GK2$, $GK3$ – фракции гуминовых кислот; $1a FK$ – «агрессивная» фракция фульвокислот.

Заключение

Установлено, что на изученных естественно зарастающих отвалах угольных разрезов процесс формирования фитоценозов протекает через ряд последовательных стадий (сукцессий). Для начальных этапов развития растительности на отвалах характерно преобладание процессов накопления растительного органического вещества над процессами его разложения. На более поздних этапах отмечено усиление процессов трансформации органического вещества.

Почвенный покров техногенных ландшафтов Приморья представлен литостратами инициальными, органо-аккумулятивными, дерновыми и гумусово-аккумулятивными, отличающимися дифференциацией почвенного профиля и степенью проявления сформировавшихся органогенных горизонтов. В литостратах наблюдается интенсивное формирование гу-

мусовых горизонтов, что обусловлено благоприятными гидротермическими условиями и физико-химическими параметрами почвообразующих пород. Отмечено прогрессирующее увеличение органического углерода в верхних горизонтах почв по мере удлинения временного периода развития почвообразовательного процесса. Это свидетельствует о биогенном происхождении органического вещества в сформировавшихся почвенных горизонтах на отвальных породах. С удлинением временного периода формирования литостратов отмечены также увеличение запасов гумуса, степени гумификации органического вещества и уменьшение доли «агрессивных» фракций фульвокислот в поверхностных горизонтах. Тип гумуса меняется от очень фульватного в инициальных до гуматно-фульватного – в дерновых и фульватно-гуматного в гумусово-аккумулятивных литостратах. Низкие величины оптических плотностей свидетельствуют о преобладании в молекулах гуминовых кислот периферических группировок, что указывает на химическую «молодость» молекул гуминовых кислот в литостратах ранних стадий развития. По мере прохождения литостратами основных этапов развития снижается интегральное отражение и увеличиваются энергозапасы почв. Установлена тесная корреляционная связь между интегральным отражением и содержанием гумуса ($-0,80$), что позволяет использовать показатель интегрального отражения в качестве критерия для оценки содержания гумуса и энергозапасов почв, а также стадийности протекания гумусообразовательного процесса на отвальных породах.

Литература

1. Закон Приморского края от 17.03.2005 № 230-КЗ о краевой целевой программе «Отходы на 2005–2011 годы». URL: <http://pravo.levonevsky.org/bazazru/zakon1057/index.htm>
2. Пуртова Л.Н. Оценка эколого-энергетического состояния почв равнинных территорий юга Дальнего Востока. Владивосток : Изд-во Дальневосточ. ун-та, 2004. 60 с.
3. Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. Классификация и диагностика почв России. Смоленск : Ойкумена, 2004. 342 с.
4. Гаджиев И.М., Курачев В.М. Генетические и экологические аспекты исследования и классификации почв техногенных ландшафтов // Экология и рекультивация техногенных ландшафтов. Новосибирск : Наука, 1992. 305 с.
5. Костенков Н.М., Нестерова О.В., Пуртова Л.Н. Почвы ландшафтов Приморья (Рабочая классификация) : учеб.-метод. пособие. Владивосток : Изд-во ДВФУ, 2011. 112 с.
6. Степанько А.А. Агрогеографическая оценка земельных ресурсов и их использование в районах Дальнего Востока. Владивосток : Изд-во ДВО РАН, 1992. 114 с.
7. Пуртова Л.Н., Костенков Н.М. Содержание органического углерода и энергетические запасы в почвах природных и агрогенных ландшафтов юга Дальнего Востока России : оценка и методы индикации. Владивосток : Дальнаука, 2009. 124 с.
8. Иванов Г.И. Почвообразование на юге Дальнего Востока. М. : Наука, 1976. 198 с.
9. Агрохимические методы исследования почв / под ред. А.В. Соколова. М. : Наука, 1975. 436 с.

10. Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса. М. : Изд-во МГУ, 1985. 376 с.
11. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Розанова М.С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов // Почвоведение. 2004. № 8. С. 918–925.
12. Михайлова Н.А., Пуртова Л.Н. Оптико-энергетические методы в экологии почв. Владивосток : Дальнаука, 2005. 81 с.
13. Андроханов В.А. Сингенез почвенно-генетических и биологических процессов в техногенных ландшафтах Кузбасса // Вестник Томского государственного университета. 2003. № 7. С. 16–25.
14. Виноградов Б.В. Дистанционная индексация содержания гумуса в почвах // Почвоведение. 1981. № 11. С. 114–123.
15. Михайлова Н.А., Терехова Л.Э. Теоретические предпосылки индикации гумуса в естественных образцах почв по их яркости // Почвы Дальнего Востока, их свойства и мелиоративное состояние. Владивосток, 1988. С. 59–71.

Поступила в редакцию 29.04.2012 г.

Tomsk State University Journal of Biology. 2012. № 3 (19). P. 7–17

doi: 10.17223/19988591/19/1

Irina V. Komachkova, Ludmila N. Purtova

*Institute of Biology and Soil Science of Far Eastern Branch of the Russian
Academy of Sciences, Vladivostok, Primorsky Krai, Russia*

HUMUS STATE AND ENERGY STOCKS OF SOILS OF TECHNOGENIC LANDSCAPES OF THE SOUTH OF PRIMORYE

The process of mineral extraction in the south of Primorye contributes to the formation of, in particular, technogenic quarry-dump landscapes. The purpose of the work is to identify general regularities in the change of the humus-energy parameters of soil of technogenic landscapes, depending on the temporary stage in their development. The investigations were performed in the Pavlovsky brown coal deposit, located in Michalovsky area of Primorsky Krai.

Spontaneous revegetation occurs gradually on dump breeds. At the dump there can be distinguish four stages of the formation of plant and soil cover: the first is pioneer vegetation on initial litostrat lasting up to 3 years. The second is the stage of a simple plant grouping on the organo-accumulative litostrat, up to 12 years; the third stage is a complex group of plant on the sod litostrat, lasting up to about 15 years and the fourth is the stage of the development of an ecosystem with a closed plant group on the humus-accumulative litostrat marked on the dumps, whose age is over 15 years. Depending on the temporary stage of the development, litostrats differed by differentiation of soil profile and the degree of manifestation of formed organic horizons. A progressive increase in humus is noted in the surface soil horizons with lengthening the time period of soil formation from 0.25% in the initial litostrat to 0.75–1.1 in the organo-accumulative and sod, and to 8.0% in the humus-accumulative.

With lengthening of the time period of litostrats formation there was noted an increase in stocks of humus from 6 to 65 t/ha, the degree of humification of organic matter (from low to high) and a decrease in «aggressive» fractions of fulvic acids in surface horizons. The type of humus varies from very fulvate in the initial, up to

humate-fulvate in the sod and fulvate-humate in the humus-accumulative litostrats. The content of the first fraction of humic acids tend to decrease in the development process of litostrats.

The content of humic acids associated with Ca^{2+} is estimated as very low and low, the content of the third fraction of humic acids is high in all the litostrats. Low values of optical densities testify the dominance of peripheral groups in molecules of humic acid, indicating chemical «youth» of the molecules of humic acids in litostrates of the early development stages. While the litostrats pass the main development stages, an integral reflection of soils (from 65% in the surface horizons of initial litostrats up to 30–43% in organo-accumulative and sod litostrats and up to 23% in gumus-accumulative) decreases whereas energy stocks of soils increase from 13 to 136 МДж/м². A tight correlative connection between the integral reflection and the humus content (–0.80) is established. This allows using an index of integral reflection as a criterion for estimating the humus content and the stage of humus formation process on breeds dump.

Key words: *humus; litostrat; energy stock of organic part of soils; dead plant organic matter; index of the integral reflection of soils.*

Received April 29, 2012