

ЛЕСНОЕ ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ В ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ ЛЕСОСТЕПИ СРЕДНЕЙ СИБИРИ

В статье рассматривается лесное почвообразование в техногенных ландшафтах Средней Сибири. По данным авторов, в разновозрастных культурах сосны, созданных на отвалах вскрышных пород Назаровского угольного разреза, почвообразование развивается по лесному типу: формируется фитоценоз, подстилочно-торфяной горизонт, характерный для лесных почв, аккумулируется углерод в верхней части минеральной грунтовой толщи. Профилообразующие и профиленпреобразующие процессы не выражены, срединные горизонты не выделяются.

Ключевые слова: почвообразование, лесостепь, фитоценоз, углерод, горизонт, Средняя Сибирь.

L.S. Shugaley, N.V. Bodikova

FOREST SOIL FORMATION IN THE ANTHROPOGENIC LANDSCAPES OF THE CENTRAL SIBERIA FOREST-STEPPE

The forest soil formation in the anthropogenic landscapes of the Central Siberia is considered in the article. According to authors, in the pine uneven-age cultures created on the dumps of the Nazarovskiy coal mine stripping rock the soil formation develops according to the forest type: the phyto-coenosis and the layer-peat horizon, characteristic for forest soils are formed; the carbon accumulates in the top part of the mineral soil thickness. Profile-constituent and profile-transforming processes aren't expressed; the middle horizons aren't singled out.

Key words: soil formation, forest-steppe, phyto-coenosis, carbon, horizon, Central Siberia.

Введение. Добыча угля открытым способом ведет к разрушению природных ландшафтов, уничтожению растительного и почвенного покровов, нарушает сложение толщи геологических слоев. Почвообразование в техногенных ландшафтах изучалось на технически рекультивированных отвалах вскрышных пород Назаровского угольного разреза.

Климат лесостепи Назаровской котловины континентальный и определяется окружением ее горными системами Южной Сибири – хр. Арга, Солгонским кряжем, Кузнецким Алатау и Западно-Сибирской низменностью, а также процессами циркуляции атмосферы. Средняя температура воздуха в январе -16–20°C, а в июле – 17–18°C.

Почвенный покров региона представлен черноземами (83 %) и лугово-черноземными и серыми лесными почвами. Территория Назаровской котловины имеет высокую (40–68 %) сельскохозяйственную освоенность, что значительно выше европейской части России. Здесь получают самые высокие (>40 ц га) урожаи основной продовольственной культуры – пшеницы – в Восточно-Сибирском экономическом районе [Природа и хозяйство..., 1983].

Средняя лесистость региона не превышает 16–20 %, снижаясь в отдельных ландшафтах до 5 %. Предполагается, что в ближайшие годы в Канско-Ачинском бассейне будет занято под промышленные объекты и нарушено горными работами 16–25 тыс. га земель, из них 84,6 % приходится на сельскохозяйственные территории и лишь 15,4 % на лес. Лесные экосистемы обогащают биосферу кислородом и поддерживают уровень содержания в ней диоксида углерода, обеспечивают круговорот воды, очищают стекающие с полей и промышленных площадок загрязненные воды, испаряют в атмосферу влагу и, повышая влажность воздуха, благотворно влияют на климат.

Исследования сотрудников Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН показали, что решение вопросов экологической оптимизации ландшафтов Назаровской котловины возможно только при увеличении лесистости до 20 % [Леса КАТЭКа..., 1983]. Сохранение рекультивированных земель для сельскохозяйственного производства требует создания лесных культур на технически рекультивированных отвалах, не пригодных по различным причинам для сельского хозяйства: малая площадь рекультивированных массивов, уклон поверхности 5°, неудобная для сельскохозяйственных машин конфигурация участков и т.п.

Объектами исследования являются технически рекультивированные отвалы вскрышных пород. В результате вскрыши, транспортирования, гидравлического смыва и механического перемешивания различных геологических слоев, слагающих вскрышу, формируются отвалы, представляющие хаотичную смесь четвертичных отложений различного генезиса и возраста с примесью пород неогена и палеогена [Шугалей, Чупрова, 2012].

Восточный гидроотвал формировался в 1949–1955 гг. гидравлическим смывом грунтов вскрыши в понижение, Сереженский гидроотвал – в 1968–1981 гг. гидравлическим смывом в пойму р. Сережа, Бестранспортный отвал находится в стадии формирования с 1978 г. путем перемещения вскрышных пород по ходу движения экскаватора внутри угольного разреза.

На технически рекультивированных отвалах без нанесения гумусного слоя отделом рекультивации Назаровского угольного разреза в разные годы были созданы культуры сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.).

Цель исследований. Изучить направленность почвообразования под культурами сосны на технически рекультивированных отвалах вскрышных пород.

Методика и результаты исследований. Культуры сосны высаживались на технически восстановленные поверхности грунтов 2–3-летними сеянцами машиной СЛН-1 в борозды, нарезанные плугом ПКЛ. Уходы за культурами (прополка сорняков, рыхление субстрата, полив) не проводились. Полевые исследования и отбор почвенных образцов проводились по общепринятым методикам [Почвенно-биогеоценотические исследования ..., 1980].

Учет запасов органического вещества подстильно-торфяного горизонта в культурах сосны определяли шаблоном (0,04 м²) в 10-кратной повторности. Образцы минерального слоя грунтов и корневой материал отбирались в этих же точках по слоям 0–5, 5–10, 10–20, 20–40 см. Химические анализы почвенных и растительных образцов выполнялись стандартными химическими и инструментальными методами [Аринюшкина, 1970].

Вскрышные породы Назаровского угольного разреза Средней Сибири имеют мощность 11–33 м и представлены песчаниками, супесями, палевыми лессовидными карбонатными и желто-бурыми суглинками и глинами, алевролитами, аргиллитами.

Вскрышные породы Назаровской лесостепи не засолены, не содержат серы и хаотичные смеси отходов обеспечивают благоприятные гидротермические и эдафические условия произрастания сосны [Шугалей, 2010; Шугалей, Чупрова, 2012].

За последнее десятилетие были проведены санитарные рубки в культурах сосны на Восточном и Сереженском гидроотвалах и агросерых почвах. Культуры сосны имеют Ia и I класс бонитета (табл.).

Морфо-таксационная характеристика древостоев культур сосны, т/га

Параметр	Восточный гидроотвал	Сереженский гидроотвал	Бестранспортный отвал	Агросерая почва
Биологический возраст, лет	45	35	31	44
Полнота древостоев, экз.	1548	960	2646	1652
Высота, м	17,3	15,8	12,3	11,2
Диаметр, см	17,6	16,6	11,8	11,4
Запас древесины, м ³	471	253	383	258
Фитомасса древостоя, т/га	193,5	103,6	117,2	86,3
Класс бонитета	Ia	I	I	I

Пионерные группировки на гидроотвалах представлены хвощами – луговым (*Equisetum pratense*) и зимующим (*E. ruemale*), мятликом луговым (*Poa pratensis*) и др. На Бестранспортном отвале пионерные группировки состоят из пырея ползучего (*Elytrigia repens*), тимopheевки луговой (*Phleum pratense*), полевицы белой (*Agrostis alba*), мать-и-мачехи обыкновенной (*Tussilago farfara*), осота полевого (*Sonchus arvensis*), овсяницы овечьей (*Festuca ovina*). Проективное покрытие 0,5–1,0 %.

Сингенез напочвенного покрова наступал через 5–6 лет. Простые растительные группировки донника белого (*Melilotus albus*), ромашки ползучей (*Matricaria matricarioides*), горца птичьего (*Polygonum aviculare*) и дру-

гих в последующем усложнялись и заменялись сложными. Проективное покрытие 5–40 %. В современный период сосновые культуры перешли в мертвопокровные. На травянистый ярус приходится всего 3–0,2 % общих запасов фитомассы.

И.М. Гаджиев и В.М. Курачев систематизировали почвы техногенных ландшафтов Кузбасса и создали их классификацию, назвав почвоподобные тела почвами. Почвы техногенных ландшафтов в посттехногенный период формируются при взаимодействии известной пентады факторов почвообразования и обычных комплексов почвообразовательных процессов, но пока еще не являются почвами, поскольку в них не сформировались генетически сопряженные горизонты [Гаджиев, Курачев, 1992]. В классификации почв России почвы естественного происхождения и техногенные поверхностные образования (ТПО) разделяются. Искусственные конструкции ТПО не являются результатом почвенных процессов, а сформированы из грунтов вскрыши [Классификация и диагностика..., 2004].

Толща грунтов на отвалах очень неоднородна по макроморфологическим признакам и расчленяется на несколько слоев. Каждый из них диагностируется по цвету, сложению или гранулометрическому составу. Мелкозем хаотичной смеси грунтов Восточного гидроотвала характеризуется песчаным и супесчаным гранулометрическим составом, часто с включением тонких иловатых прослоев. Сложение рыхлое, иногда рассыпчатое, окраска пестрая, подчеркивающая слоистость толщи, обусловлена скоплениями различных форм железа и выветрившихся плиток бурого угля. Субстрат смеси пород на Сереженском гидроотвале отличается четко выраженной слоистостью мелкозема суглинистого и глинистого гранулометрического состава, с сизыми и ржавыми пятнами и примазками сезонно-мерзлотного оглеения. В хаотичной смеси вскрышных пород Бестранспортного отвала выделяются крупные пятна мелкозема, придающие очень пеструю окраску всей толще: от черной за счет включений угля до коричнево-желтой и сизо-бурой за счет окисленных и восстановленных соединений железа.

Распределение в искусственных почвообразующих породах гранулометрических фракций является случайным и, возможно, объясняется различными техническими способами вскрыши угольных разрезов и формирования отвалов, но не является результатом почвообразования.

Общим морфологическим признаком хаотичных смесей грунтов на отвалах является наличие в них крупнозема из плотных обломочных пород, а также плиток и пластинок аргиллита, алевролита и бурого угля. На поверхности обломков обнаруживается растрескивание, шелушение, редко раскалывание, что является следствием процессов физического и химического выветривания. На хаотичных смесях вскрышных и вмещающих пород технически спланированных отвалов под культурами сосны выделена группа натурфабрикатов, подгруппа литостратов. Литостраты имеют следующий профиль: О-АУ-С.

Профили литостратов находятся на начальных стадиях формирования, что определяется главным образом малой продолжительностью срока преобразования породы. В период техногенного формирования и первые годы (5–10 лет) произрастания культур сосны профили натурфабрикатов полностью соответствовали современной классификации поверхностных техногенных образований. Органическое вещество по мере роста и развития сосны, увеличения емкости и интенсивности биологического круговорота аккумулировалось в биомассе, наземной и подземной мортмассе и почве.

На молодых техногенных поверхностных образованиях (ТПО) отвалов под культурами сосны почвообразование развивается по лесному типу. За период произрастания сосны на ТПО сформировались довольно мощные дифференцированные подстильно-торфяные и маломощные, слабо прокрашенные гумусом аккумулятивные горизонты.

Различия в качественном и количественном составе сформировавшихся подстильно-торфяных горизонтов обусловлены возрастом, густотой древостоев, напочвенным покровом и характеризуются высокой пространственной изменчивостью. Максимальные запасы органического вещества в подстильно-торфяном горизонте отмечены в 45-летних культурах сосны на Восточном гидроотвале и составляют 27,6 т/га при пространственной изменчивости (V) 30 %, на Сереженском гидроотвале при возрасте насаждений 35 лет – 18,3 т/га, V 39 %, в 31-летних культурах на Бестранспортном отвале – 19,1 т/га, V 62 %, в сосняках на агро-серых почвах 24,8 т/га.

Максимальное накопление органического вещества на всех пробных площадях отмечено под кронами. Под стволами и межкрановом пространстве запасы органического вещества в подстильно-торфяном горизонте минимальны, что обусловлено преобладанием в его составе хвои древостоев. Основная (68–75 %) расти-

тельная мортмасса сосредоточена в ферментативном подгоризонте 02, на поверхностный подгоризонт 01 приходится 12–15 %, на подгоризонте 03 – 13–20 % общих запасов мортмассы органогенного горизонта (рис. 1).

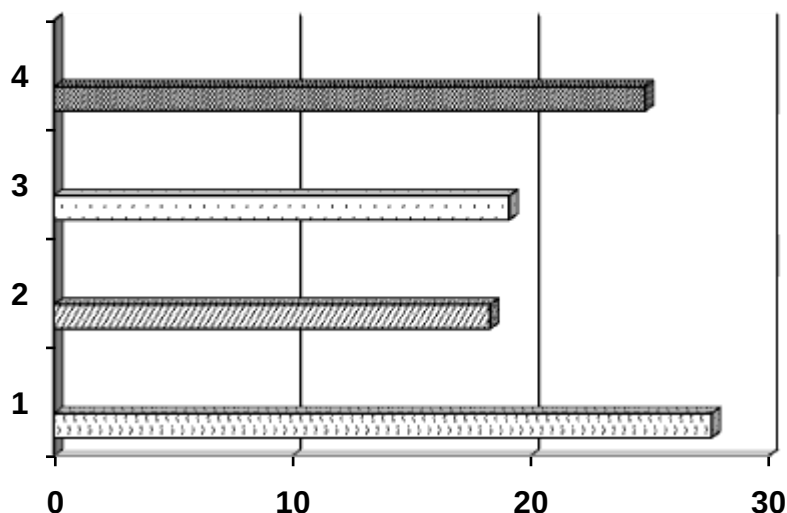


Рис. 1. Запасы мортмассы в подстильно-торфяном горизонте, т/га: 1 – Восточный гидроотвал; 2 – Сереженский гидроотвал; 3 – Бестранспортный отвал; 4 – агросерые почвы

Процессы трансформации органического вещества опада и мортмассы подстильно-торфяного горизонта способствовали накоплению органического вещества в минеральной толще и синтезу гумуса в минеральной толще. Гор. АУ имеет небольшую мощность и слабо прокрашен гумусом. Различия по выраженности органогенных и органо-минеральных горизонтов отражают ведущую роль биологических процессов в формировании профиля почв, а также генетическую подчиненность всех других профилеобразующих процессов биологическим. Процессы синтеза и аккумуляции органического вещества тесно связаны со свойствами грунтов, их морфологическим, химическим, гранулометрическим составом. Серединные генетические горизонты еще не обозначились. Органогенный и серогумусовый аккумулятивный горизонты лежат прямо на почвообразующей породе.

Корневые системы древостоев сосны на отвалах характеризуются сильной разветвленностью и в возрасте 13–14 лет достигли глубины 1,2–1,5 м. Более развитая корневая система сосны на отвалах является следствием нехватки элементов питания в грунтах и стремлением растений покрыть дефицит элементов питания за счет возможно более полного освоения грунтовой толщи. Однако запасы корней в слое 0–40 см сосняков составляли на Восточном гидроотвале 21,2 т/га, Сереженском – 7,2, Бестранспортном отвале – 13,2, агросерых почвах – 10,3 т/га. Различия по запасам корневого материала обусловлены биогеоценотическими условиями, складывающимися в культурах сосны: возраст древостоев, густота посадки, замедленное разложение мертвого корневого материала и прочей почвенной мортмассы, представленной корневыми чехликами, отшелушившейся корой, на долю которой приходится 59–83 % подземной мортмассы. Основная масса мертвого корневого материала (78–98 %) сосредоточена в верхнем (10 см) слое инициальных почв.

Формирующийся подстильно-торфяной горизонт является показателем ближней памяти или почвой моментом.

Элементный состав грунтовой смеси и распределение химических элементов по глубинам унаследовано от каркасной основы формирующихся почв. Техногенный этап рекультивации привел к неодинаковому распределению химических элементов в грунтовой толще. Формирующиеся на гидроотвалах ТПО имеют близкое содержание и равномерное распределение по профилю минеральной толщи оксидов Si, Al и Fe. Отношение $SiO_2 : R_2O_3$ указывает на несколько повышенное содержание в верхней толще литостратов SiO_2 и Fe_2O_3 . Пространственная изменчивость элементного состава характеризуется следующими коэффициентами вариальности: SiO_2 – 3–23 %, Al_2O_3 – 6–21, Fe_2O_3 – 10–21, CaO – 35–41, MgO – 16–28 %.

Содержание углерода в органогенном горизонте литостратов высокое, в минеральном слое резко уменьшается и остается низким в грунтах. Наиболее значительно его содержание в аккумулятивной части профиля вследствие присутствия повышенного количества легкоминерализуемого органического вещества. Вариальность содержания углерода в минеральной толще составляет 14–120 %. Реакция среды литост-

ратов в органогенном горизонте слабокислая (рН водный 5,8–6,1 при V 3–5 %), в минеральной толще переходит в щелочной интервал. В литостратах Бестранспортного отвала реакция остается слабокислой по всему профилю, что, вероятно, является следствием недостаточного перемешивания вскрышных пород при формировании отвала. Содержание обменных оснований в литостратах высокое и составляет в органогенном горизонте Ca 16,75–12,00 ммоль/100 г почвы, Mg – 20,40–15,85, в минеральной части профиля Ca 8,90–6,95 ммоль/100 г почвы, Mg – 4,30–2,00. Пространственная изменчивость актуальных свойств литостратов близка серым почвам региона. Пространственная изменчивость реакции среды в аккумулятивном горизонте составляет 3–5 %, в более глубоких слоях почвенного профиля – 21–23, обменного Ca – 8–23, Mg – 7–26 % [Шугалей, Чупрова, 2012].

За период формирования отвалов и искусственных лесных биогеоценозов в минеральной толще (0–40 см) литостратов накопились значительные запасы органического вещества. Если в хаотичных смесях вскрышных пород среднее содержание углерода перед посадкой сосны составляло 0,25 % при V 64 %, то в настоящий период увеличилось не только в слое 0–5, 0–12, 0–15 см, но и в слоях 10–20 и 20–40 см до 0,79–1,23 %. Это является результатом накопления и последующего разложения корневого материала, а также переносом вглубь грунтовой толщи органических остатков почвенными беспозвоночными. Органическое вещество литостратов представлено легкоминерализуемым органическим веществом (ЛМОВ) и стабильным гумусом. В состав ЛМОВ входят растительный материал органогенных горизонтов, корневые остатки и подвижный углерод минеральной толщи грунта. При определении содержания углерода в минеральной толще отбиралась (видимая) угольная пыль.

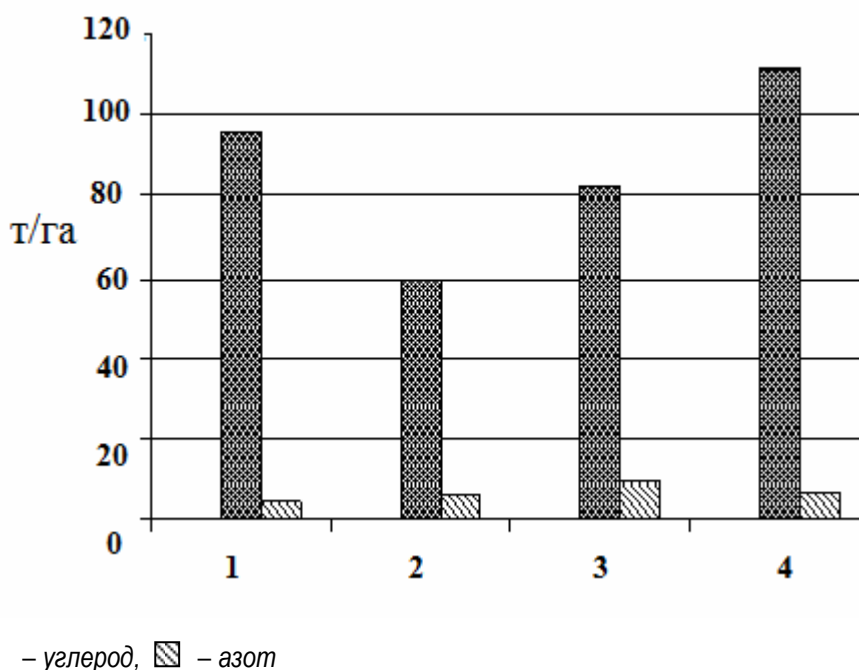


Рис. 2. Запасы углерода и азота в литостратах: 1 – Восточный гидроотвал; 2 – Сереженский гидроотвал; 3 – Бестранспортный отвал; 4 – агросерая почва

Максимальные (95,6 т/га) запасы углерода образовались в слое 0–40 см под 45-летними культурами сосны на Восточном гидроотвале, затем следует Бестранспортный отвал – 82,5 т/га, Сереженский гидроотвал – 59,0, сосняки на агросерых почвах – 113,3 т/га. Основные различия между литостратами различных отвалов обусловлены запасами углерода в минеральной толще грунта. Так, под культурами сосны на Восточном гидроотвале запасы углерода в субстрате составляют 80 %, на Сереженском – 88, Бестранспортном отвале – 85, в агросерых почвах 90 % от общих запасов. В подстильно-торфяном горизонте сосредоточено соответственно на Восточном гидроотвале 20 %, Сереженском – 12, Бестранспортном отвале – 15, агросерых почвах – 10 % от общих запасов углерода (рис. 2).

Структура органического вещества литостратов под разновозрастными культурами сосны различна. На Восточном гидроотвале на углерод ЛМОВ приходится 52 %, углерод стабильного гумуса – 48 % общих запасов, на Сереженском гидроотвале запасы ЛМОВ несколько ниже 44 %, но возрастает доля углерода

стабильного гумуса до 56 % общих запасов, на Бестранспортном отвале на углерод ЛМОВ приходится 85 %, на углерод стабильного гумуса всего 15 %, на агросерых почвах на углерод ЛМОВ приходится 16 %, стабильного гумуса 84 %. Качественный состав углерода свидетельствует о замедленном разложении органических остатков в минеральной толще как инициальных, так и агросерых почв.

Заключение. Увеличение емкости и интенсивности биологического круговорота способствует накоплению наземной и подземной мортмассы и синтезу органического вещества в субстрате. Остальные физические, химические, физико-химические свойства хаотичных смесей не изменились и наследуются инициальными почвами.

На формирование генетических горизонтов почв большое влияние оказывают гомогенизирующие процессы: педотурбация, оглеение, вуализация, а также процессы сегрегации железа, полиморфизма [Карпачевский, 1981]. В инициальных почвах техногенных ландшафтов профилеобразующие и профилепреобразующие процессы в настоящий период не выражены.

Культуры сосны, созданные на технически рекультивированных массивах хаотичных смесей вскрышных пород без нанесения гумусового слоя, оказывают преобразующее воздействие на факторы почвообразования: климат, почвообразующую породу, рельеф, растительность, взаимодействующих в определенных рамках времени. Освоение техногенных ландшафтов лесными биогеоценозами усилило процессы преобразования искусственных ландшафтов и их развитие постепенно сближается с естественными ландшафтами региона. В культурах сосны II класса возраста ведущими процессами в инициальных почвах на данном этапе развития являются синтез и аккумуляция органического вещества в субстрате, выполняющего роль почвообразующей породы.

Взаимодействие лесообразовательных и почвообразовательных процессов продолжается, но лесообразовательные процессы идут более интенсивно и естественно, что со временем их взаимодействие и взаимовлияние должно подняться на новый более высокий уровень.

Литература

1. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
2. *Бабиченко Ю.В., Горбунова Ю.В.* Круговорот вещества и энергии в культурах сосны на отвалах вскрышных пород. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2013. – 196 с.
3. *Гаджиев И.М., Курачев В.М.* Генетические и экологические аспекты исследования и классификации почв техногенных ландшафтов. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1992. – С. 6–7.
4. *Карпачевский Л.О.* Лес и лесные почвы. – М.: Лесн. пром-сть, 1981. – 262 с.
5. Почвенно-биогеоценозные исследования в лесных биогеоценозах / *Л.О. Карпачевский, А.Д. Воронин, Е.А. Дмитриев* [и др.]. – М.: Изд-во МГУ, 1980. – 160 с.
6. Классификация и диагностика почв России. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 435 с.
7. Леса КАТЭКа как фактор стабилизации окружающей среды. – Красноярск: ИЛИД, 1983. – 160 с.
8. Природа и хозяйство района первоочередного формирования КАТЭКа. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1983. – 261 с.
9. *Шугалей Л.С.* Органическое вещество в искусственных лесных экосистемах, созданных на отвалах вскрышных пород угольных разрезов в Средней Сибири // Изв. РАН. – 2010. – № 4. – С. 498–507.
10. *Шугалей Л.С., Чупрова В.В.* Почвообразование в техногенных ландшафтах лесостепи Назаровской котловины Средней Сибири // Почвоведение. – 2012. – № 3. – С. 287–298.

