

УДК 631.412

Техногенная трансформация многолетнего агрофитоценоза на залежных
мелиорированных землях в условиях Северо-Запада России

Е. В. Дубина-Чехович, Л. П. Евстратова, О. Н. Бахмет

ФИЦ «КарНЦ РАН»

*Дубина-Чехович Елена Викторовна, младший научный сотрудник
лаборатории агротехнологий «Вилга» отдела комплексных научных
исследований Федерального государственного бюджетного учреждения
науки ФИЦ «Карельский научный центр РАН» (ФГБУН ФИЦ «КарНЦ
РАН») d-chehovich@yandex.ru, 89217271325*

*Евстратова Любовь Павловна, д-р с.-х. наук, руководитель лаборатории
агротехнологий «Вилга» отдела комплексных научных исследований
ФГБУН ФИЦ «КарНЦ РАН»,*

*Бахмет Ольга Николаевна, д-р биол. наук, чл.-корр. РАН, председатель
ФГБУН ФИЦ «КарНЦ РАН», руководитель отдела комплексных научных
исследований КарНЦ РАН, главный научный сотрудник отдела
комплексных научных исследований КарНЦ РАН, bahmet@krc.karelia.ru*

Аннотация. Трансформация почвы на фоне аэротехногенного загрязнения залежных мелиорированных земель вызывает изменение видового разнообразия и урожайности многолетних трав. Цель исследований – дать оценку флористического состава и урожайности многолетнего агрофитоценоза осушенных залежных земель в зоне воздействия горнодобывающего карьера на примере Карелии. В результате исследований установлено, что на протяжении последних 15 лет произошла техногенная сукцессия многолетнего злакового агрофитоценоза. В настоящее время в фитоассоциации доминируют кострец безостый (*Bromopsis inermis* L.), крапива двудомная (*Urtica dioica* L.), купырь лесной (*Anthriscus sylvestris* L.), кипрей узколистный (*Chamaenerion angustifolium* L.).

Пылевые выбросы горнодобывающего производства обуславливают подщелачивание верхнего горизонта почвы $A_{\text{пах}}$ (до pH – 5,3), повышают содержание P_2O_5 (114,6 – 207,2 мг/кг) и загрязняющих веществ Fe, Mn, Ni, Cu, Co, Cr (содержание не превышает ПДК, но выше фоновых показателей).

По мере удаления от карьера (100, 200, 300 м) происходит постепенная естественная смена растительности от злаковых видов трав (77,8 – 42,9%) в сторону преобладания в травостое разнотравья (21,2 – 56,8%) относительно контрольного участка (16,5 и 82,9% соответственно). Недостаточное количество осадков в первой половине летнего сезона, характерное для климатических условий Карелии, наличие загрязняющих веществ в почве и на поверхности растений вызвали существенное снижение роста ценного в кормовом отношении костреца безостого (линейные показатели – 20,7 – 31,8 см) относительно фоновых условий (40,2 см). Для хозяйственного использования агрофитоценоза предложены мероприятия по интенсивному улавливанию пыли при добыче и производстве щебня, а также устройство санитарно-защитных лесополос вдоль техногенного источника загрязнения.

Ключевые слова: промышленное загрязнение, горная компания, агрофитоценоз, осушенные сельскохозяйственные угодья, Карелия.

Technogenic transformation of perennial agrophytocenosis on fallow reclaimed lands on North-West of Russia

E. V. Dubina-Chekhovich, L. P. Evstratova, O. N. Bakhmet

FRC “KarSC RAS”

Transformation of soil due to aerial technogenic pollution of the fallow meliorated agrolandscape cause transformation of species composition and productivity of perennial herbs. The purpose of the research is to evaluate floristic composition and productivity of perennial agrophytocenosis on drained postagrogenic lands under influence of a mining company in Karelia. As a result of the research it was determined that in last 15 years a technogenic succession of

perennial cereal agrophytocenosis took place. Today the phytoassociation is dominated by *Bromopsis inermis* L., *Urtica dioica* L., *Anthriscus sylvestris* L., *Chamaenerion angustifolium* L. Dust emission of mining company cause alkalization of upper soil horizon A_{пак} (to pH – 5,3), increase content of P₂O₅ (114,6 – 207,2 mg per kilo) and polluting agents Fe, Mn, Ni, Cu, Co, Cr (content does not exceed mpc, but above background indicators). As moving away from mining facility (100, 200, 300 meters) a one can observe a gradual natural change of vegetation from cereals (77,8 – 42,9 %) to predominance of motley grass (21,2 – 56,8 %) in regard to a control plot (16,5 and 82,9 correspondingly). Due to insufficient amount of precipitation on the first half of summer season, which is normal for climate of Karelia, the presence of polluting agents in soil and on surface of plants caused significant reduction of such important as *Bromopsis inermis* L. (linear indicators 20,7 – 31,8 cm) as regard to background indicators (40,2 cm). For economic use of agrophytocenosis some activities were offered to intensive dust capture while mining and producing of gravel as well as forming of sanitary protection forest belt along technogenic pollution source.

Key words: industrial pollution, mining company, agrophytocenosis, drained agricultural lands, Karelia.

Введение. В результате антропогенного воздействия могут происходить существенные изменения циклов многих химических элементов [18], которые попадая в растения из почвы и воздуха, аккумулируются в растительных тканях в значительном количестве и по трофической цепочке переходят в организм животных, а затем и человека [3, 16, 26]. Известно, что под влиянием техногенных факторов изменяется флористический состав агрофитоценоза – упрощается его структура, элиминируют отдельные виды трав с высокими кормовыми характеристиками на фоне увеличения числа сеgetальных растений, а также снижаются устойчивость к загрязнению и биологическая продуктивность травянистой растительности [5, 8, 25]. Однако в некоторых случаях высокий уровень техногенной нагрузки, по мнению ряда авторов [2, 7], в условиях степной природной зоны может не оказывать существенного влияния на растительный покров, но ускоряет постепенную естественную смену флоры от разнотравья в сторону преобладания в травостое злаковых трав.

Агрофитоценозы особенно чувствительны к различным антропогенным факторам в условиях северного земледелия (замедленное восстановление запасов органического вещества, пониженная активность процессов аммонификации и нитрификации, слабая микробиологическая активность почв и т.д.) [14]. Загрязнение продуктивных сельскохозяйственных угодий приводит к снижению экономической эффективности ведения сельского хозяйства, особенно на мелиорированных землях, которые в некоторых регионах до сих пор остаются без систематического эксплуатационного ухода [4, 9]. Так, например, в Карелии около 50% сельскохозяйственных земель от всего мелиоративного фонда республики не используется по целевому назначению [17, 23]. Такие земли, имея большой потенциал для выращивания адаптивных полевых кормовых культур, постепенно деградируют. Вторичная сукцессия залежных земель начинается с зарастания травянистой, а позднее и древесно-кустарниковой растительностью [1]. Однако вопросы техногенной трансформации видового разнообразия растительных ассоциаций на мелиорированных землях в северных условиях остаются недостаточно изученными [14, 15, 26].

В связи с этим целью исследований явилась оценка флористического состава и урожайности многолетнего агрофитоценоза на осушенных залежных землях в зоне аэротехногенного воздействия (горнодобывающего карьера) в условиях Карелии.

Материалы и методы исследования. Объектом изучения явились многолетние травы на залежных мелиорированных сельскохозяйственных угодьях (228,5 га) с осушительной системой открытого типа (проводящие, регулирующие и нагорные каналы общей протяженностью 55 км) в зоне влияния промышленного горнодобывающего производства щебня из габбро-диабазов. В результате реконструкции мелиоративной сети (2004 г.) на этих землях проводили залужение с использованием травосмесей злаковых трав (кострец безостый, тимофеевка луговая, ежа сборная).

Эксперимент заложен, согласно агроклиматической классификации А. А. Романова [24], в южной зоне Карелии (63° северной широты европейской средней тайги). Почвенный покров характеризуется среднесплошными торфяно-перегнойными низинными болотными почвами. Почвообразующие породы представлены четвертичными отложениями озерно-ледникового генезиса, в составе которых преобладают глины и суглинки, встречаются песчано-алевритовые отложения. В орографическом отношении данная местность является частью Шуйской низины [22].

Влияние горнодобывающего производства на сельскохозяйственные угодья оценивали на территории, примыкающей к месторождению габбро-диабазов. В карьере,

разрабатываемом с 2008 года и занимающим площадь 160 га (рисунок), расположены открытые участки дробления горной породы и рассева её на фракции, ведутся погрузочно-разгрузочные работы. Воздушными потоками аэротехногенная пыль распространяется от мест ее образования на большую часть водосборной площади сельскохозяйственных угодий. В зону влияния поллютантов за счет организованного стока избыточных природных вод попадают и другие водные объекты (ручей, водоприемник). Пылевые осадки мощностью до трех сантиметров оседают на поверхности почвы, где дерновый горизонт насыщен живыми и отмершими корнями, подземными частями стеблей и растительными остатками многолетних трав разной степени разложения.

Пробные площади заложены в 2018 году в зоне загрязнения на расстоянии 100, 200 и 300 м от карьера. Фоновая площадь расположена вдали от антропогенных источников. При подборе участков следовали принципу единообразия способа осушения, типа почв, растительности, сельскохозяйственного использования агрофитоценоза.

На пробных площадях с техногенным влиянием и в фоновых условиях измеряли линейные показатели злаковых трав в фазу кущения – начала выхода в трубку, определяли ботанический состав травостоя путем отбора растительных образцов согласно методики ВНИИК им. В.Р. Вильямса [20] и Альбома растений сенокосов и пастбищ [10], учитывали по укосам урожайность надземной биомассы растений методом сплошного учета по Б.А. Доспехову [11]. Варианты опыта на удалении 100, 200, 300 м от карьера и в фоновых условиях включали пробные участки (общая площадь каждого 12,5 м², учетная – 10 м²) в 4-кратной повторности.

Метеорологические условия полевых сезонов 2018 - 2020 гг. в период активной вегетации растений характеризовались в первой его половине относительной однородностью показателей: дефицитом осадков на фоне повышенной теплообеспеченности. Межукосный период отличался вариабельностью факторов: в первый год – сочетание высоких среднемесячных температур с недостаточным количеством осадков, в последующие два года на фоне пониженных температур воздуха отмечена избыточная и низкая влагообеспеченность соответственно.

Статистическую обработку экспериментальных данных осуществили с привлечением однофакторного дисперсионного анализа на основе использования компьютерных программ Microsoft Excel 2010 и StatGraphics Centurion XV.

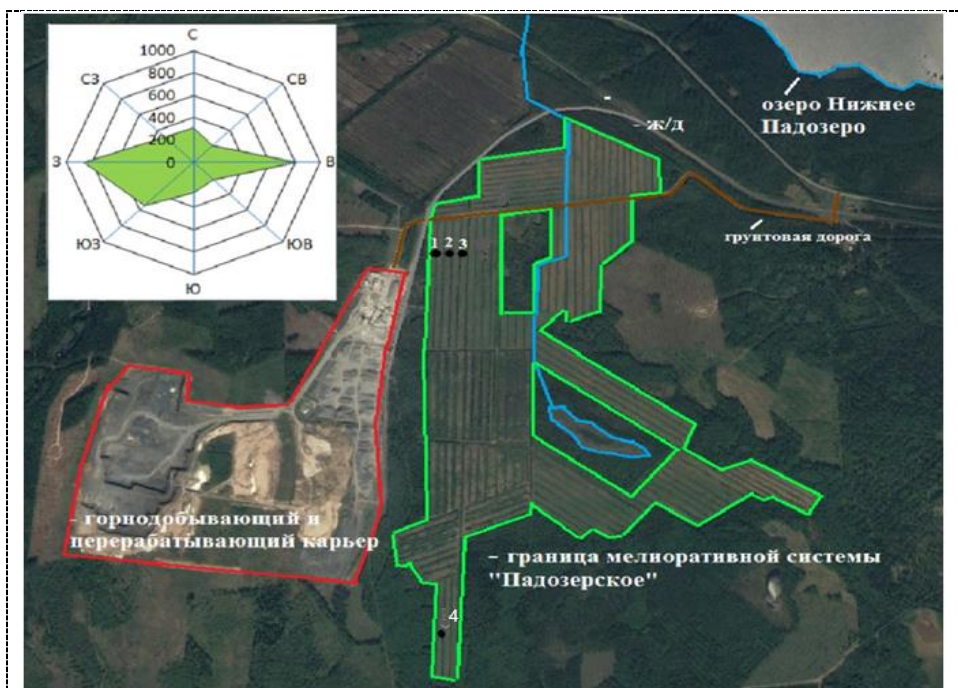


Рисунок – Расположение горнодобывающего и перерабатывающего карьера и пробных площадей (1, 2, 3 – загрязненные, 4 – фоновая) на мелиорированных сельскохозяйственных угодьях относительно «розы ветров» в Карелии по данным www.gismeteo.ru с 2008 по 2020 гг.

Результаты исследования и их обсуждение

Более ранними исследованиями [12] показано, что в условиях техногенеза происходит загрязнение атмосферных осадков, а также почв осушенных сельскохозяйственных угодий изучаемого объекта. Вблизи карьера, несмотря на очень интенсивную пылевую нагрузку ($2101,9 - 1187,1 \text{ мг/м}^2 \times \text{сут.}$), уровень суммарного химического загрязнения (Z_c) атмосферных осадков [6] при pH 7,1 – 7,5 составил $Z_c - 35,5 - 62,7$ (низкий уровень). Аккумуляция основных загрязнителей (Fe, Mn, Ni, Cu, Co, Cr) в снеговом покрове, как эффективном и достоверном индикаторе состояния окружающей среды, превышает предельные концентрации в 2 раза, а фоновые значения – 2 – 20 раз. В снеговом покрове установлен ряд преимущественного накопления макро- и микроэлементов $Al > Mn > Mg > Ca > Fe$, их содержание в почве больше региональных значений в 1,5 – 13,0 раз, но не превосходит ПДК. По мере удаления от источника загрязнения (100, 200, 300 м) интенсивное поступление антропогенной пыли в верхние, корнеобитаемые горизонты почвенного покрова обуславливает изменение показателей зольности (от 27,2 до 19,3%), кислотности почвы (pH от 5,3 до 4,6), содержания подвижных форм биофильных элементов – P_2O_5 (от 114,6 до 207,2 мг/кг) и K_2O (от 384,9 до 342,7 мг/кг) по сравнению с фоновой пробной площадью (соответственно зольность – 12%, pH – 4,7, $P_2O_5 - 128,3$ и $K_2O - 244,8$ мг/кг).

Изучение ботанического состава постагрогенного фитоценоза на загрязненной территории показало (таблица 1) наличие в травостое многолетних злаковых компонентов и разнотравья (12 видов из 9 семейств).

Таблица 1 – Видовой состав фитоценоза мелиорированных сельскохозяйственных угодий в зоне загрязнения

№ п/п	Семейство	Вид	Русское название
1	<i>Poaceae</i>	<i>Phleum pratense</i> L.	Тимофеевка луговая
		<i>Bromopsis inermis</i> L.	Кострец безостый
2	<i>Equisetaceae</i>	<i>Equisetum arvense</i> L.	Хвощ полевой
3	<i>Urticaceae</i>	<i>Urtica dioica</i> L.	Крапива двудомная
4	<i>Asteraceae</i>	<i>Achillea millefolium</i> L.	Тысячелистник обыкновенный
		<i>Sonchus arvensis</i> L.	Осот полевой
		<i>Cirsium arvense</i> L.	Бодяк полевой
5	<i>Rosaceae</i>	<i>Filipendula</i> [Tourn.] Mill.	Таволга обыкновенная
6	<i>Onagraceae</i>	<i>Chamaenerion angustifolium</i> L.	Кипрей узколистный
7	<i>Apiaceae</i>	<i>Anthriscus sylvestris</i> L.	Купырь лесной
8	<i>Ranunculaceae</i>	<i>Ranunculus acris</i> L.	Лютик едкий
9	<i>Fabaceae</i>	<i>Vicia cracca</i> L.	Горошек мышиный

Доминирующими представителями агрофитоценоза являются кострец безостый, купырь лесной, кипрей узколистный, крапива двудомная. Преобладание вышеуказанных видов связано с их биологическими требованиями к условиям произрастания. Так, кострец безостый хорошо растет на осушенных торфяниках, со стабильным увлажнением, выдерживает близкое залегание грунтовых вод. Корневая система растения мощная, мочковатая, уходящая в почву на глубину до 2-х м, благодаря чему данный злак засухоустойчив. Кострец предпочитает слабокислые и нейтральные почвы, требует средней и повышенной их обеспеченности азотом, фосфором, калием [10]. Купырь лесной – экологически адаптированный вид местной природной флоры, мезофит, встречается на почвах различной реакции, но лучше развивается в нейтральных кислотно-щелочных условиях. Кипрей узколистный хорошо растет на почвах богатых гумусом и элементами минерального питания, отдает предпочтение сухим торфяникам с рН 4,5 – 5,0. Крапива двудомная и кипрей узколистный являются нитрофильными растениями, выбирают нейтральную или слабокислую среду. Кислые или чрезмерно щелочные почвы не благоприятны для *Urtica dioica* L. [10].

По результатам оценки ботанического состава выявлено существенное изменение массовой доли компонентов травостоя на разном расстоянии от карьера (таблица 2). Под

влиянием техногенной нагрузки на исследуемой территории постепенно произошла естественная смена флоры от злаковых трав в сторону преобладания в травостое малоценного в кормовом отношении разнотравья. По мере удаления от карьера с подкислением почвенного раствора (рН с 5,3 до 4,6) и высвобождением P_2O_5 (с 114,6 до 207,2 мг/кг) из почвы массовая доля злакового компонента постепенно уменьшалась с 77,8 до 42,9%, а разнотравья, наоборот, увеличивалась с 21,2 до 56,8%. Несмотря на аэрогенное загрязнение содержание злаковых трав в урожае зеленой массы травостоя в 4,7 – 2,6 раза превышало соответствующие показатели фоновой площади, где установлены более низкая концентрация биофильных соединений фосфора, калия и снижение кислотности почвы. В фоновых условиях доля участия разнотравья в урожае надземной биомассы, напротив, увеличилась в 3,9 – 1,5 раза.

Таблица 2 – Ботанический состав агрофитоценоза
в зоне аэротехногенного загрязнения (2018–2020 гг.), %

Вид трав	Расстояние от карьера, м			
	100	200	300	фон
Злаковые	77,8	58,7	42,9	16,5
Разнотравье	21,2	39,4	56,8	82,9

Выявленные особенности распространения травянистых растений обусловлены не только антропогенной трансформацией почв, восприимчивостью компонентов агрофитоценоза к пылевому загрязнению в результате седиментации пылевых частиц, мощностью корневой системы, но и особенностями развития вегетативных побегов. Так, у костреца безостого они образуются из узла кущения, который расположен на глубине до 2,5 см. Для представителей разнотравья-гемикриптофитов характерно расположение почек возобновления, из которых развиваются побеги, на уровне поверхности почвы.

Несмотря на высокие кормовые достоинства вышеуказанных сеяных видов многолетних трав на данном мелиоративном объекте, *Bromopsis inermis* L. наиболее адаптивный: обладает хорошей экологической пластичностью и приспособляемостью к разным внешним условиям. Кострец продуктивен в условиях стабильного увлажнения. Степень облиственности, количество вегетативных удлиненных и укороченных побегов, а также их линейные параметры определяют биомассу кормовой культуры.

Недостаточное количество осадков в первой половине летнего периода, характерное для климатических условий Карелии [21], наличие загрязняющих веществ в почве и на поверхности растений вызвали существенное снижение линейных значений костреца безостого по сравнению с фоном (таблица 3). Независимо от пылевой нагрузки

показатели роста костреца относительно выравнены, о чем свидетельствует коэффициент вариации, изменяющийся в пределах средней и верхней нормы нормальной вариации (от 10,2 – 27,2%) [13].

Таблица 3 – Линейные и урожайные показатели зеленой массы костреца безостого в зоне аэротехногенного влияния (2018 – 2020 гг.)

Расстояние от источника загрязнения, м	Длина стебля костреца, см	Продуктивность многолетних трав, т/га	
		общая	в т. ч. костреца безостого
100	20,7	13,2	9,7
200	27,9	16,4	9,3
300	31,8	22,0	9,1
Фон	40,2	28,0	4,6

Пылевое загрязнение надземного растительного покрова вызвало интенсивное побегообразование злакового компонента, поэтому при оценке урожайности кормовой массы костреца безостого с привлечением дисперсионного анализа выявлены существенные различия по сравнению с фоновым участком. В неодинаковые по метеорологическим условиям полевые сезоны (2018 – 2020 гг.) установленная тенденция изменения линейных и урожайных показателей костреца безостого повторяется: по мере удаления от источника загрязнения достоверно увеличиваются показатели длины стебля, однако его массовая доля в общем урожае зеленой массы уменьшается с 46,5 до 43,9% за счет снижения содержания культуры в травостое. С увеличением расстояния от горнодобывающего карьера установлено достоверное повышение урожайности зеленой массы многолетних трав (13,2 – 16,4 – 22,0 т/га) по отношению к фоновой зоне (28,0 т/га), в основном за счет разнотравья. Отсутствие поллютантов на незагрязненной территории обусловило превышение формирования в 2,1 – 1,3 раза биомассы кормовых трав за два укоса относительно соответствующих значений в зоне аэротехногенного влияния. Кроме того, растительные остатки разнотравья, входящие в состав дернового слоя, имеют нейтральную реакцию, быстро разлагаются, образуя рыхлую, богатую гумусом и хорошо аэрируемую подстилку, что повышает трофность почвы. Подобные изменения в верхнем почвенном горизонте благоприятны для большинства произрастающих растений, способствуя увеличению урожая их биомассы [19].

Заключение. Трансформация почвы на фоне аэротехногенного загрязнения залежного мелиорированного агроландшафта вызывает изменение видового состава и урожайности многолетних трав по сравнению с фоном. Техногенная сукцессия агрофитоценоза характеризуется невысоким видовым разнообразием и сопровождается

доминированием компонентов травостоя – кострец безостый, крапива двудомная, купырь лесной, кипрей узколистный. Наличие мелкодисперстной пыли в верхних горизонтах почвы $A_{\text{пах}}$ (до 3 см) обуславливает подщелачивание почвенного раствора торфяников, повышение содержания P_2O_5 и следующих элементов: Fe, Mn, Ni, Cu, Co, Cr. Это отражается на соотношении массовой доли злаковых представителей и разнотравья на загрязненной территории. С увеличением расстояния от карьера происходит постепенная естественная смена флоры от злаковых трав в сторону преобладания в травостое малоценного в кормовом отношении разнотравья (массовая доля составила 21,2 – 39,4 – 56,8% по отношению к фоновым условиям 82,9%). Климатические особенности местности и загрязнение поллютантами поверхности почвы и растений вызвали существенное снижение роста костреца безостого (линейные показатели – 20,7 – 31,8 см относительно фона 40,2 см), а также увеличение общей урожайности зеленой массы многолетних трав (13,2 – 16,4 – 22,0 т/га, фон – 28,0 т/га) с удалением от карьера.

Учитывая интенсивное загрязнение осушенной территории техногенной пылью и невозможность использования многолетних трав для целей кормопроизводства необходимы создание санитарно-защитной зоны, посадка пылеуловительной лесополосы, разработка мероприятий по пылеподавлению на производственных участках горной компании (установка пылеуловительных машин, многоступенчатых фильтров, форсунок локального распыления, туманообразующих установок и др.).

Список литературы:

1. Аверина М. В., Феклистов П. А., Третьяков С. В., Кононов О. Д. Вторичные сукцессии на землях из-под сельскохозяйственного пользования на территории Кенозерского национального парка // Вестник КрасГау. – 2016. – № 5. – С. 25-32.
2. Аккумуляция тяжелых металлов разнотравной степной растительностью по данным многолетнего мониторинга / Минкина Т. М., Манджиева С. С., Чаплыгин В. А., Назаренко О. Г., Максимов А. Ю., Замулина И. В. // Аридные экосистемы. – 2018. – том 24. – № 3 (76). – С. 43–55.
3. Безель В. С., Жуйкова Т. В. Химическое загрязнение: перенос химических элементов в надземную фитомассу травянистых растений // Расс J Ecol. – 2007.– 38.– С. 238-246. <https://doi.org/10.1134/S1067413607040042>
4. Бенин Д. М., Снежко В. Л. Оценка состояния земель мелиоративных систем методами кластерного анализа // Вестник Евразийской науки. – 2019. – №4. URL: <https://esj.today/PDF/51SAVN419.pdf> (дата обращения 19.11.2020)
5. Быкова О. Ю. Антропогенная трансформация ландшафта и анализ экологической ситуации ЯНАО. Автореф. дис. на соиск. уч. ст. канд. геогр. наук. М.: Ин-т географии РАН. – 1995.– 42с.
6. Геохимия окружающей среды / Ю. Е. Саэт, Б. А. Ревич, Е. П. Янин и др. – М: Недра, 1990. – 335 с.

7. Голубева Л. В. Трансформация постагрогенных земель на карбонатных отложениях: монография / Л. В. Голубева, Е. Н. Наквасина. – Архангельск: КИРА, 2017. – 152 с.
8. Динамика свойств почв и состава растительности в ходе постагрогенного развития в разных биоклиматических зонах / Телеснина В. М., Курганова И. Н., Лопес де Гереню В. О., Овсепян Л. А., Личко В. И., Ермолаев А. М., Мирин Д. М. // Почвоведение, 2017, № 12, – с. 1514–1534
9. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. – М.: ГЕОС, 2010. – 416 с.
10. Дмитриева С. И., Игловикова В. Г., Конюшков Н. С., Раменская В. М. Растения сенокосов и пастбищ. М.: «Колос», 1974, 196 с. с илл.
11. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) – М.: Книга по требованию, 2012. – 352 с.
12. Дубина - Чехович Е. В., Бахмет О. Н., Мингалеев А. В. Природные воды и почвы агроландшафта под воздействием аэротехногенного загрязнения // Мелиорация и водное хозяйство № 1, 2020 г. – с. 32-39
13. Зайцев Г. Н. Методика биометрических расчетов. - М.: Наука, 1963. - 256 с.
14. Землянский В. А. Растительность тундр Северного Ямала в условиях антропогенной трансформации // Биоразнообразие экосистем крайнего севера: инвентаризация, мониторинг, охрана. III Всероссийская научная конференция: 20–24 ноября 2017 г., Сыктывкар, Республик Коми, Россия: тезисы докладов. – Сыктывкар: Издательство ИБ Коми НЦ УрО РАН, 2017. – 328 с. – URL: <https://ib.komisc.ru/add/conf/tundra> (дата обращения 12.03.2021)
15. Иванов А. Л. Агроэкологическое состояние и перспективы использования земель, выбывших из активного сельскохозяйственного оборота / А. Л. Иванов, А. А. Завалин и др. – М.: РАСХН, 2008. – 64 с.
16. Изменение агрегатного состава различных типов почв в ходе залежной сукцессии Баева Ю. И., Курганова И. Н., Лопес де Гереню В. О., Овсепян Л. А., Телеснина В. М., Цветкова Ю. Д. // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 2017.– Вып. 88 – С. 47-74. doi: 10.19047/0136-1694-2017-88-47-74
17. Использование мелиорируемых земель и эксплуатация мелиоративных систем в Республике Карелия: методическое пособие / Л. С. Дубина-Чехович, Е. В. Дубина-Чехович, З. П. Котов, А. В. Мингалеев. – Петрозаводск: ПИН. 2017. – 80 с.
18. Кабата–Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
19. Кравченко Р. В., Куприченков М. Т. Растительные остатки и плодородие почв // Научный журнал КубГАУ, №79(05), 2012. с. 1-10
20. Методика опытов на сенокосах и пастбищах ВНИИК им. В. Р. Вильямса / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т кормов им. В. Р. Вильямса. - Москва: 1971.- 119 с.
21. Назарова Л. Е. Атмосферные осадки в Карелии // Труды Карельского научного центра РАН № 9. 2015. – С. 114-120 DOI: 10.17076/lim56
22. Разнообразие биоты Карелии: условия формирования, сообщество, виды / ред. А. Н. Громцев, С. П. Китаев, О. Л. Кузнецов, Т. Линдхольм, Е. Б. Яковлев. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2003. 262 с. Ил.- 65.
23. Распоряжение Правительства Республики Карелия от 14 июля 2011 г. №355 р–П «Об утверждении результатов инвентаризации мелиорированных земель на территории Республики Карелия». – URL: <https://base.garant.ru/23111496/> (дата обращения 23.12.2020).
24. Романов А. А. О климате Карелии. – Петрозаводск: Госиздат Карел. АССР, 1961. – 139 с.

25. Сегетальная флора некоторых регионов России: характеристика таксономической структуры / Третьякова А. С., Баранова О. Г., Лунева Н. Н., Терехина Т. А., Ямалов С. М., Лебедева М. В., Хасанова Г. Р., Груданов Г. Ю. // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 181 (2), 2020.– с. 123-133 doi: 10.30901/2227-8834-2020-2-123-133
26. Vincent, Q., Auclerc A., Beguiristain T., Leyval C. Assessment of derelict soil quality: Abiotic, biotic and functional approaches // Science of The Total Environment, 2018. Vol. 613–614, P. 990-1002, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.118>.

References

1. Averina M. V., Feklistov P. A., Tret`yakov S. V., Kononov O. D. Secondary succession on agricultural land in the Kenozero National Park // Vestnik KrasGau. – 2016. – № 5. – S. 25–32.
2. Accumulation of heavy metals by mixed-grass steppe vegetation according to long-term monitoring data / Minkina T. M., Mandzhieva S. S., Chaply`gin V. A., Nazarenko O. G., Maksimov A. Yu., Zamulina I. V. // Arid ecosystems. – 2018. – tom 24. – № 3 (76). – S. 43–55.
3. Bezel` V. S., Zhujkova T. V. Chemical pollution: transfer of chemical elements into the aboveground phytomass of herbaceous plants // Rass J Ecol. – 2007.– 38.– S. 238-246. <https://doi.org/10.1134/S1067413607040042>
4. Benin D. M., Snezhko V. L. Assessment of the state of land reclamation systems by cluster analysis methods // Bulletin of Eurasian Science – 2019. – № 4. URL: <https://esj.today/PDF/51SAVN419.pdf> (data obrashheniya 19.11.2020)
5. By`kova O. Yu. Anthropogenic transformation of the landscape and analysis of the ecological situation of the Yamal-Nenets Autonomous District. Avtoref. dis. na soisk. uch. st. kand. geogr. nauk. M.: In–t geografii RAN. – 1995.– 42s.
6. Geochemistry of the environment / Yu. E. Saet, B. A. Revich, E. P. Yanin i dr. – M: Nedra, 1990. – 335 s.
7. Golubeva L. V. Transformation of postagrogenic lands on carbonate deposits: monograph / L. V. Golubeva, E. N. Nakvasina. – Arxangel`sk: KIRA, 2017. – 152 s.
8. Dynamics of soil properties and vegetation composition during postagrogenic development in different bioclimatic zones / Telesnina V. M., Kurganova I. N., Lopes de Gerenyu V. O., Ovsepyan L. A., Lichko V. I., Ermolaev A. M., Mirin D. M. // Pochvovedenie, 2017, № 12, – s. 1514–1534
9. Dynamics of agricultural land in Russia in the twentieth century and post-agrogenic restoration of vegetation and soils. – M.: GEOS, 2010. – 416 s.
10. Dmitrieva S. I., Iglovikova V. G., Konyushkov N. S., Ramenskaya V. M. Plants of hayfields and pastures. M.: «Kolos», 1974, 196 s.
11. Dospexov B. A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). – M.: Kniga po trebovaniyu, 2012. – 352 s.
12. Dubina - Chexovich E. V., Baxmet O. N., Mingaleev A. V. Natural waters and soils of the agricultural landscape under the influence of aerotechnogenic pollution // Melioraciya i vodnoe xozyajstvo № 1, 2020 g. – s. 32-39
13. Zajcev G. N. Methods of biometric calculations. - M.: Nauka, 1963. - 256 s.
14. Zemlyanskij V. A. Vegetation of the tundra of Northern Yamal in the conditions of anthropogenic transformation / / Biodiversity of the ecosystems of the Far North: inventory, monitoring, protection. III Vserossijskaya nauchnaya konferenciya: 20–24 noyabrya 2017 g., Sy`kty`vkar, Respublik Komi, Rossiya: tezisy` dokladov. – Sy`kty`vkar: Izdatel`stvo IB Komi NCz UrO RAN, 2017. – 328 s. – URL: <https://ib.komisc.ru/add/ conf/tundra>.
15. Ivanov A. L. Agroecological state and prospects for the use of land that has been withdrawn from active agricultural turnover / A. L. Ivanov, A. A. Zavalin i dr. – M.: RASXN, 2008. – 64 s.

16. Changes in the aggregate composition of different types of soils during fallow succession. Baeva Yu. I. Kurganova I. N. Lopes de Gerenyu V. O. Ovsepyan L. A. Telesnina V. M. Czvetkova Yu. D. // *Byulleten` Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva*. – 2017.– Vy`p. 88 – S. 47-74. doi: 10.19047/0136-1694-2017-88-47-74
17. The use of reclaimed land and the operation of reclamation systems in the Republic of Karelia: a methodological guide / L. S. Dubina-Chexovich, E. V. Dubina-Chexovich, Z. P. Kotov, A. V. Mingaleev. – Petrozavodsk: PIN. 2017. – 80 s.
18. Kabata-Pendias A., Pendias X. Trace elements in soils and plants. – M.: Mir, 1989. – 439 s.
19. Kravchenko R. V., Kuprichenkov M. T. Plant residues and soil fertility // *Nauchny`j zhurnal KubGAU, №79(05)*, 2012. s. 1-10
20. Methods of experiments on hayfields and pastures of VNIIC named after V. R. Williams / *Vsesoyuz. nauch.-issled. in-t kormov im. V. R. Vil`yamsa*. - Moskva: 1971.- 119 s.
21. Nazarova L. E. Atmospheric precipitation in Karelia // *Trudy` Karel`skogo nauchnogo centra RAN № 9*. 2015. – S. 114-120 DOI: 10.17076/lim56
22. Diversity of Karelian biota: conditions of formation, community, species / red. A. N. Gromcev, S. P. Kitaev, O. L. Kuznecov, T. Lindxol`m, E. B. Yakovlev. Petrozavodsk: *Karel`skij nauchny`j centr RAN*, 2003. 262 s. Il.- 65.
23. Order of the Government of the Republic of Karelia of July 14, 2011 No. 355 r-P " On Approval of the Results of the Inventory of reclaimed land in the Territory of the Republic of Karelia». – URL: <https://base.garant.ru/23111496/> (data obrashheniya 23.12.2020).
24. Romanov A. A. About the climate of Karelia. – Petrozavodsk: Gosizdat Karel. ASSR, 1961. – 139 s.
25. Segetal flora of some regions of Russia: characteristics of the taxonomic structure / *Tret`yakova A. S., Baranova O. G., Luneva N. N., Terexina T. A., Yamalov S. M., Lebedeva M. V., Xasanova G. R., Grudanov G. Yu.* // *Trudy` po prikladnoj botanike, genetike i selekcii*. 181 (2), 2020.– s. 123-133 doi: 10.30901/2227-8834-2020-2-123-133
26. Vincent, Q., Auclerc A., Beguiristain T., Leyval C. Assessment of derelict soil quality: Abiotic, biotic and functional approaches // *Science of The Total Environment*, 2018. Vol. 613–614, P. 990-1002, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.118>.