

Осмонбаева Кымбаткуль Бейшеновна, к.б.н., доцент,
Калдыбаев Бакыт Кадырбекович, д.б.н., профессор,
Иссык-Кульский государственный университет им. К.
Тыныстанова
Усупбаев Адилет Кыдыкбекович, д.б.н., с.н.с,
Институт биологии НАН КР
E-mail: kymbat.950307@gmail.com

ЗЛАКОВЫЕ ТРАВЫ ДЛЯ БИОРЕКУЛЬТИВАЦИИ РАЙОНА ХВОСТОХРАНИЛИЩА КАДЖИ-САЙ

Статья посвящена актуальной на сегодняшний день проблеме рекультивации техногенно-загрязненных территорий, где биологическая часть этого процесса позволяет в какой-то степени восстановить нарушенные человеком земли. Особое внимание обращено к использованию злаковых трав как фиторекультивантов. Значительное внимание уделяется экспресс-диагностике загрязненности исследуемого участка с помощью пыльцы растения семейства Poaceae. Нахождение Каджи-Сайского хвостохранилища в опасной зоне горной экосистемы в условиях изменения климата предполагает постоянное изучение и проведение мероприятий по восстановлению этих участков.

Ключевые слова: биорекультивация, хвостохранилище, пыльца Poaceae, жизнеспособность пыльцы, радиационный фон, травосмеси.

Осмонбаева Кымбаткул Бейшеновна, б.и. к., доцент,
Калдыбаев Бакыт Кадырбекович, б.и. д., профессор,
К. Тыныстанов атын. Ысык-Көл мамлекеттик
университети,
Усупбаев Адилет Кыдыкбеков, б.и.д., ага илимий
кызматкер, Биология институту, КР УИА

КАЖЫ-САЙДЫН КАЛДЫК САКТООЧУ ЖАЙЫН БИОРЕКУЛЬТИВАЦИЯЛОО ҮЧҮН ДАН ӨСҮМДҮКТӨРҮ

Макала бүгүнкү күндөгү актуалдуу техногендик-булганган аймактарды рекультивациялоо проблемасына арналган, мында бул процесстин биологиялык бөлүгү адам тарабынан бузулган жерлерди кандайдыр бир деңгээлде калыбына келтирүүгө мүмкүндүк берет. Дан өсүмдүктөрүн фиторекультивант катары колдонууга өзгөчө көңүл бурулган. Poaceae тукумундагы өсүмдүктүн чаңчалары менен изилдөө участогунун булгануусун тез аныктоого олуттуу көңүл бурулат. Кажы-Сай калдык сактоочу жайынын климаттын өзгөрүү шарттарында тоо экосистемасынын опурталдуу зонасында болушу бул участокторду туруктуу изилдөөнү жана калыбына келтирүү боюнча иш-чараларды жүргүзүүнү талап кылат.

Негизги сөздөр: биорекультивация, калдык сактоочу жай, Poaceae чаңчалар, чаңчалардын жандуулугу, радиациялык фон, отоо чөптөр

Osmonbayeva Kymbatkul Beishenovna, candidate of
biological sciences, associate professor,

Kaldybaev Bakyt Kadyrbekovich, doctor of biological sciences, professor,
Issyk-Kul State University named after K. Tynystanov,
Usupbayev Adilet Kydykbekov, doctor of biological sciences, senior researcher, Institute of Biology of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic

CEREAL GRASSES FOR BIOREMEDIATION OF THE KAJI-SAI TAILINGS AREA

The article is devoted to the actual problem of reclamation of technogenically polluted territories, where the biological part of this process allows to some extent to restore the land disturbed by man. Special attention is paid to the use of cereal grasses as phytoremediants. Considerable attention is paid to the express-diagnosis of the contamination of the study site using pollen of a plant of the Poaceae family. The location of the Kaji-Sai tailing dump in the dangerous zone of mountain ecosystem under climate change conditions implies constant study and implementation of measures to restore these sites.

Key words: bioremediation, tailing dump, Poaceae pollen, pollen viability, radiation background, grass mixtures.

Введение. В последние несколько десятилетий во всем мире возрастает количество катастроф природного и техногенного характера, увеличиваются масштабы ущерба от них. Это обусловлено рядом причин: увеличением плотности населения Земли, прогрессирующей урбанизацией территорий, следствием чего является антропогенное воздействие на экологию Земли и, возможно, глобальное изменение климата на ней [1].

Следует учитывать две стороны проблемы изменения климата, одной из которых является безусловная опасность этого явления, в силу чего экологи относят его к проблемам высокой степени экономической (а, следовательно, и социальной) опасности [1]. Согласно имеющимся данным, учащаться и усиливаться будут и такие явления, как аномальная жара и засуха, разливы рек, особенно в Центральной и Восточной Европе и в Центральной Азии [12]. Мониторинг современных изменений климата, который проводится в Тянь-Шанском высокогорном научном центре Института водных проблем и гидроэнергетики Национальной Академии Наук Кыргызской Республики позволяет изучать такие изменения на различных высотах и составлять климатические модели в Центрально-Азиатском регионе. Так по данным этой станции в периоды 1956-1969гг. и 2013-2018гг. температура воздуха сохраняла тенденцию к повышению. Даже на высотах 3300 м тренды температуры воздуха положительные [15].

В таких условиях опасность возникновения стихийных бедствий и природных катаклизмов удваивается, тем более, что техногенно-нарушенные экосистемы (например, содержащие радиоактивные отходы - Каджи-Сайское хвостохранилище) расположены в опасных зонах горных экосистем. Поэтому необходим комплекс мер по экологическому и экономическому восстановлению земель, плодородие которых существенно снизилось в результате человеческой деятельности - рекультивационные работы, то есть всестороннее преобразование нарушенных природно-территориальных комплексов для разных видов использования [7].

Целью рекультивации земель в широком смысле понятия должно являться восстановление экологической устойчивости и продуктивности геосистем. В современной естественнонаучной литературе используется термин «ремедиация»,

который рассматривается также как «рекультивация, восстановление изначальных показателей почвы, воды или воздуха при ликвидации последствий загрязнения или ослаблении воздействия на окружающую среду» [8]. Видимо биологический этап рекультивации земель надо рассматривать как фиторемедиацию техногенно-нарушенных участков. Поэтому изучение биологических особенностей местной флоры для фиторемедиации техногенно-нарушенных участков является в настоящее время необходимой задачей в свете увеличения деградированных участков и меняющегося климата. Еще используется термин ревегетация (revegetation). Это процесс создания на бесплодных или опустошенных землях растительного покрова, который заменяет или пытается воспроизвести почвенный покров, существовавший до нарушения. Ревегетация может быть частью стратегии рекультивации для восстановления или рекультивации почв [17]. Поскольку почва является базисом любой наземной экосистемы, определяющим направлением развития и особенности функционирования экосистем, то скорость ее формирования определяет скорость восстановления всех других компонентов экосистемы и качество их функционирования [14]. Скорость истощения почвы и, как следствие, окружающей среды (вызванная антропогенным воздействием) преобладает над скоростью самовосстановления [11]. Поэтому работа по рекультивации должна быть направлена на восстановление плодородного слоя, а соответственно природной экосистемы.

В связи с этим к задачам настоящего исследования относятся: оценить степень загрязненности района с ранее высоким уровнем загрязненности, используя пыльцу злаковых как биологический индикатор; дать рекомендации по наиболее оптимальному набору злаковых для посева для фиторекультивации территории хвостохранилища Каджи-Сай.

Методы исследований. Исследования проведены в селе Каджи-Сай Тонского района Иссык-Кульской области. На территории поселка Каджи-Сай расположено одно хвостохранилище с радиоактивными материалами с общим объемом 0,4 млн. м³. Хвостохранилище расположено к востоку от села Каджи-Сай, в 1,5 км к югу от побережья озера Иссык-Куль. Годы эксплуатации пришлись на 1948-1967 гг. Проведено визуальное обследование растительности территории. Интегральная оценка жизнеспособности пыльцы пырея ползучего (*Elytrigia repens*) была произведена с помощью метода Шардакова [16]. Микроскопические исследования проводились с помощью микроскопа MEIJI (Japan).

Результаты исследований. Основными задачами биологического этапа рекультивации являются: создание продуктивных сельскохозяйственных угодий, лесных насаждений, рыбохозяйственных, водохозяйственных и охотничьих объектов, зон отдыха, закрепление с помощью растительности эродлируемых поверхностей промышленных отвалов, предотвращение отрицательного воздействия на окружающую природную среду. Сельскохозяйственная рекультивация под пашню предусматривается, как правило, на участках с нанесенным плодородным слоем почв. Для восстановления его структуры и обогащения органическим веществом возделывание многолетних злаково-бобовых травосмесей рекомендуется в течение 4-6 лет с внесением органических и минеральных удобрений [6].

С этой целью необходимо провести биологическую рекультивацию хвостохранилища «Каджи-Сай». Айыл окмоту Каджи-Сайского айыльного аймака определена на будущие годы экологическая и социальная реабилитация территории промышленной площадки Каджи-Сай, которая будет выполняться в пять этапов. Одним из этапов является биологическая рекультивация выбранной площади. После агротехнических мероприятий (в том числе подготовки грунта для посадки, проведения капельного полива, прокладки электрических сетей), будет проводиться собственно фитомелиорация (высадка растений), благоустройство. Выбор способа рекультивации

осуществляется на этапе проектирования с учетом экологических аспектов сравнения указанных выше вариантов и их экономической эффективности, а также эксплуатации в долгосрочном периоде. Конструктивная часть гидротехнических сооружений должна быть выбрана с учетом дальнейшего использования поверхности рекультивированной территории. После перезахоронения зольного отвала на его поверхности (при соответствующей степени исполнения защитных барьеров) возможно размещение: пастбища, плодового сада, тепличного хозяйства. Какие мероприятия необходимо провести при этом: 1. Размещение пастбища над рекультивированным участком: расчет потребления воды, анализ стоимости подведения воды или устройства скважин; определение толщины и вида грунта, который необходимо разместить над защитным экраном, определение травосмеси (с привлечением также сельскохозяйственных станций), определение вида и устройства системы орошения, завоз грунта, посев трав. 2. Размещение плодового сада над рекультивированным участком: определение плодовых культур к высадке; расчет потребления воды, анализ стоимости подведения воды или устройства скважин; определение толщины и вида грунта, который необходимо разместить над защитным экраном; определение вида и устройство системы орошения; завоз грунта, высадка растений. Для такого техногенного объекта как хвостохранилище Каджи-Сай, мы предлагаем размещение пастбища. При соблюдении научно-обоснованных технологий сельскохозяйственной рекультивации нарушенные земли возможно в течение 3-5 лет превратить в высокопродуктивные угодья.

При обследовании обнаружено, что на территории промышленной площадки Каджи-Сай в основном произрастают сорные растения, то есть растения нарушенных местообитаний. Здесь в основном растительность пасквальной и рудеральной категорий. По Гуману (1978), пасквальная – это сорная растительность нарушенных естественных угодий – выгоны, скашиваемые и скармливаемые скоту участки, вырубки и т. д., а рудеральная – это мусорная растительность, произрастающая вблизи жилья [2]. Далее была поставлена задача исследовать пыльцу растений исследуемого района на жизнеспособность.

При оценке пыльцы как тест-системы загрязнения окружающей среды, мы целенаправленно использовали пыльцу для мониторинга в районе с ранее высоким уровнем загрязненности. Причиной повреждения пыльцы служат следующие факторы: 1) физические - термические, радиационные (включая ионизирующую радиацию и УФ облучение), гравитационные, электромагнитные; 2) химические - неорганические и органические загрязнители воздуха, а также синтетические мутагены и пестициды; 3) биологические - споры грибов (микогенные); 4) климатические - свет, тепло, воздух, влага.

Пыльца имеет различную степень чувствительности к негативному эффекту действия загрязнителей: сорные травы толерантны, злаки чувствительны, а маревые занимают промежуточное положение. Объектом для биомониторинга была избрана пыльца пырея ползучего (*Elytrigia repens*), так как при определении травосмеси для размещения пастбища над рекультивированным участком мы рекомендуем включать в травосмеси многолетние травы из семейства злаковых (*Poaceae*). В данном случае, *Elytrigia repens* является одновременно и злаком, и сорным растением. Необходимо отметить, что пыльца злаков сильно повреждается под воздействием негативных факторов окружающей среды вследствие тонкой экзины (1,0 – 1,1 мкм) (наружной оболочки). Чувствительность пыльцы злаков к воздействию загрязнений ставит ее в ряд, как важных индикаторов загрязнения окружающей среды, так и биомониторов [5]. То есть злаковые и их пыльца могут быть использованы как палиноиндикаторы для тестирования загрязнения в последующих периодических исследованиях данной местности.

С помощью метода Шардакова выявляют наличие ферментов, связанных с жизненными процессами. Так как ухудшение состояния среды снижает жизнеспособность пыльцы, она определяется по уровню активности фермента пероксидазы пыльцы. Для этого используется цветная реакция, в ходе которой пыльцевые зерна, у которых высокая активность пероксидазы, окрашиваются в ярко-красный цвет, красноватый или малиновый цвет, т. е. это живая пыльца [16]. Пыльца бесцветная или бледно-желтого цвета имеет низкую пероксидазную активность или полное ее отсутствие, поэтому считается нежизнеспособной (погибшей). Материалом для исследований послужила свежесобранная пыльца пырея ползучего в 1-й декаде июля 2023 года. Микроскопические исследования выявили, что жизнеспособность пыльцевых зерен пырея ползучего была высокой (табл. 1). Пыльца пырея окрасилась почти полностью, что говорит о высоком ее качестве.

Таблица 1

Результаты анализа жизнеспособности пыльцевых зерен ели
в районе Каджи-Сайского хвостохранилища

Объект исследования	Описание	Число пыльцевых зерен		Жизнеспособность в процентах
		Окрашенных	Неокрашенных	
Пырей ползучий	Пыльца в период цветения	320	23	93, 3%

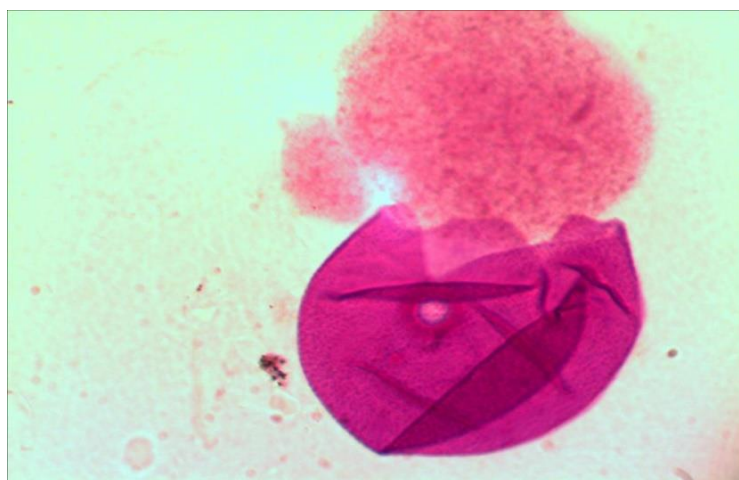


Рис. 1 - Разрушенное пыльцевое зерно *Elytrigia repens*

Проводя экспресс-диагностику необходимо обратить внимание на структуру пыльцевых зерен: число разрушенных зерен указывает на интенсивную стрессовую реакцию в исследуемом районе. Разрушенных зерен в исследуемом районе обнаружено единичное количество (рис. 1). Результаты исследования радиационной обстановки в районе Каджи-Сайского хвостохранилища в 2022-23 гг. показали, что уровень радиационного фона варьирует в пределах нормы [3]. Предполагаем, что данное положение повлияло на отсутствие интенсивной стрессовой реакции в исследуемом районе.

При биологической рекультивации выбранной площади в течение последующих лет необходимо высаживать растения, которые не представляют никаких угроз естественному растительному покрову. Для данного участка – это в основном злаковые, которые рекомендуются включать в травосмеси для рекультивации

нарушенных земель (табл. 2). Исследователи отмечают, что луговые формации с дерновозащитным слоем в 8-10 см препятствуют зарождению эрозии, повышают плодородие почвы благодаря разложению органических веществ. Улучшается структура почвы, порозность, гумусированность горизонта. Данная технология увеличивает продуктивность искусственных фитоценозов в 2-3 раза по сравнению с естественными лугами [13]. Тем более, что есть успешные примеры подобной фиторекультивации. Например, через десять лет после проведения биологической рекультивации на рекультивированном Текелийском хвостохранилище в Казахстане сформировался разнотравно-полынно-злаковый фитоценоз с преобладанием злаков, полыни полевой (*Artemisia campestris*) и дрока красильного (*Genista tinctoria*) [14]. В условиях Севера России при фиторекультивации использованы многолетние быстрорастущие травы с длинными корневищами: овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds), овсяница красная (*F. rubra* L.), мятлик луговой (*Poa pratensis* L.) и тимофеевка луговая (*Phleum pratense* L.) [10].

Таблица 2

Рекомендуемые виды злаков для рекультивации на территории хвостохранилища поселка Каджи-Сай

<i>Achnatherum botschantzevii</i> Tzvel. -	<i>Glyceria plicata</i> (Fr.) Fr.
<i>Achnatherum caragana</i> (Trin. & Rupr.) Nevski	<i>Helictotrichon altaicum</i> Tzvel.
<i>Achnatherum splendens</i> (Trin.) Nevski	<i>Helictotrichon hookeri</i> (Scribn.) Henrard
<i>Agropyron badamense</i> Drobow	<i>Helictotrichon pubescens</i> (Huds.) Pilg.
<i>Agropyron pectinatum</i> (Bieb.) P. Beauv.	<i>Hierochloë odorata</i> (L.) P.Beauv.
<i>Agrostis gigantea</i> Roth	<i>Hordeum bogdanii</i> Wilensky
<i>Agrostis stolonifera</i> L. ex Sm.	<i>Hordeum brevisubulatum</i> Link
<i>Agrostis transcaspica</i> Litv.	<i>Hordeum nevskianum</i> Bowden
<i>Alopecurus arundinaceus</i> Poir.	<i>Hordeum turkestanicum</i> Nevski
<i>Alopecurus pratensis</i> Bourg. ex Lange	<i>Koeleria cristata</i> Bertol.
<i>Anisantha tectorum</i> (L.) Nevski	<i>Leymus angustus</i> (Trin.) Pilg.
<i>Anthoxanthum alpinum</i> Á. Löve & D.Löve	<i>Leymus dasystachys</i> (Trin.) Pilg.
<i>Apera interrupta</i> (L.) P. Beauv.	<i>Leymus multicaulis</i> (Kar. & Kir.) Tzvel.
<i>Aristida heymani</i> Regel	<i>Leymus racemosus</i> (Lam.) Tzvel.
<i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) P.Beauv. ex J. Presl & C.Presl	<i>Lolium multiflorum</i> Lam.
<i>Avena fatua</i> L.	<i>Lolium perenne</i> Aitch.
<i>Avena persica</i> Steud. (<i>Avena ludoviciana</i> Durieu)	<i>Melica jacquemontii</i> Decne.
<i>Avena meridionalis</i> (Malz.) Roshev.	<i>Melica nutans</i> L.
<i>Avena trichophylla</i> K.Koch	<i>Melica transsilvanica</i> Schur
<i>Bothriochloa ischaemum</i> (L.) Keng	<i>Milium effusum</i> L.
<i>Brachypodium pinnatum</i> P.Beauv.	<i>Paracolpodium leucolepis</i> (Nevski) Tzvel.
<i>Bromopsis inermis</i> (Leyss.) Holub	<i>Phalaroides arundinacea</i> (L.) Rauschert
<i>Bromopsis tytholepis</i> (Nevski) Holub	<i>Phleum alpinum</i> L.
<i>Bromus japonicus</i> Thunb.	<i>Phleum paniculatum</i> Huds.
<i>Bromus oxyodon</i> Schrenk	<i>Phleum phleoides</i> H.Karst.
<i>Calamagrostis anthoxanthoides</i> Regel	<i>Phleum pratense</i> L.
<i>Calamagrostis epigeios</i> Huds.	<i>Phleum roshevitzii</i> Pavlov
<i>Calamagrostis macrolepis</i> Litv.	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Steud.
<i>Calamagrostis pseudophragmites</i> (Haller f.) Koeler	<i>Piptatherum songaricum</i> (Trin. & Rupr.) Roshev. ex Nikitina
<i>Catabrosa aquatica</i> (L.) P.Beauv.	<i>Piptatherum kokanicum</i> (Regel) Nevski
	<i>Poa alpina</i> L.
	<i>Poa angustifolia</i> L.
	<i>Poa attenuata</i> Trin.

<p> <i>Cleistogenes songorica</i> (Roshev.) Ohwi <i>Cleistogenes squarrosa</i> (Trin.) Keng <i>Dactylis glomerata</i> ssp. <i>himalayensis</i> Domin <i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) P.Beauv. <i>Deschampsia koelerioides</i> Regel <i>Elymus caninus</i> L. <i>Elymus dahuricus</i> Turcz. ex Griseb. <i>Elymus drobovii</i> (Nevski) Tzvel. <i>Elymus fedtschenkoi</i> Tzvel. <i>Elymus nevskii</i> Tzvel. <i>Elymus praecaesпитosus</i> (Nevski) Tzvel. <i>Elymus schrenkianus</i> (Fisch. & C.A.Mey.) Tzvel. <i>Elymus sibiricus</i> L. <i>Elymus tianschanigenus</i> Czerep. <i>Elymus tschimganicus</i> (Drobow) Tzvel. <i>Elytrigia alata</i> (Drobow) Nevski <i>Elytrigia batalinii</i> (Krasn.) Nevski <i>Elytrigia ferganensis</i> (Drobow) Nevski <i>Elytrigia repens</i> Desv. <i>Enneapogon borealis</i> (Griseb.) Honda <i>Eragrostis cilianensis</i> (All.) Vignolo ex Janch. <i>Eragrostis minor</i> Host <i>Eragrostis pilosa</i> (L.) P.Beauv. <i>Eremopoa songarica</i> (Schrenk) Roshev. <i>Eremopyrum triticeum</i> (Gaertn.) Nevski <i>Festuca alata</i> (St.-Yves) Roshev. <i>Festuca amblyodes</i> V.I.Krecz. & Bobr. <i>Festuca arundinacea</i> Schreb. <i>Festuca borissii</i> Reverdatto <i>Festuca coelestis</i> (St.-Yves) V.I.Krecz. & Bobr. <i>Festuca gigantea</i> (L.) Vill. <i>Festuca kirghisorum</i> Kassh. <i>Festuca olgae</i> (Regel) Krivot. <i>Festuca pratensis</i> Huds. <i>Festuca rubra</i> subsp. <i>rubra</i> (L.) Tzvel. <i>Festuca valesiaca</i> subsp. <i>hypsophila</i> (St.-Yves </p>	<p> <i>Poa bulbosa</i> subsp. <i>vivipara</i> (Koeler) Arcang. <i>Poa calliopsis</i> Litv. <i>Poa lipskyi</i> Roshev. <i>Poa litvinowiana</i> Ovcz. <i>Poa nemoralis</i> L. <i>Poa palustris</i> L. <i>Poa pratensis</i> L. <i>Poa relaxa</i> Ovcz. <i>Poa sibirica</i> Roshev. <i>Poa stepposa</i> (Krylov) Roshev. <i>Poa sylvicola</i> Guss. <i>Poa urssulensis</i> Trin. <i>Polypogon monspeliensis</i> (L.) Desf. <i>Psathyrostachys hyalantha</i> (Rupr.) Tzvel. <i>Psathyrostachys juncea</i> (Fisch.) Nevski <i>Ptilagrostis malyshevii</i> Tzvel. <i>Puccinellia distans</i> (Jacq.) Parl. <i>Puccinellia gigantea</i> Grossheim. <i>Puccinellia glauca</i> (Regel) V.I. Krecz. <i>Schismus arabicus</i> Nees <i>Stipa breviflora</i> Griseb. <i>Stipa bungeana</i> Trin. <i>Stipa capillata</i> L. <i>Stipa caspia</i> C.Koch <i>Stipa caucasica</i> Schmalh. <i>Stipa desertorum</i> (Roshev.) Ikonn. <i>Stipa glareosa</i> P.Smirn. <i>Stipa kirghisorum</i> P. Smirn. <i>Stipa krylovii</i> Roshev. <i>Stipa macroglossa</i> P.Smirn. <i>Stipa orientalis</i> Trin. <i>Stipa sareptana</i> F.Beck. <i>Stipa trichoides</i> P.Smirn. <i>Stipa longiplumosa</i> Roshev. (Nobis) <i>Tragus racemosus</i> Steud. (Лазьков) <i>Trisetum altaicum</i> Roshev. <i>Trisetum sibiricum</i> Rupr. <i>Trisetum spicatum</i> (L.) K.Richt. <i>Trisetum seravschanicum</i> Roshev. </p>
--	---

Все вышесказанное дает нам возможность сделать следующие выводы: На территории промышленной площадки Каджи-Сай в основном произрастают сорные растения. В результате выполненных исследований были установлены количественные показатели жизнеспособности пыльцевых зерен злаковых на примере *Elytrigia repens*. Для данного участка для рекультивации нарушенных земель рекомендуются включать в травосмеси злаковые растения. Состав травосмесей, в число которых будут входит предлагаемые злаки еще требует дополнительных анализов. Для посева следует использовать быстрорастущие многолетние злаки, которые образуют мощный, устойчивый к вытаптыванию дерн. Хотя, исходя из опыта, наиболее эффективный прием биологической рекультивации на нарушенных землях - создание многовидового

растительного покрова с участием многолетних трав и устойчивых пород кустарников и деревьев. При такой многоярусной структуре нарушенные земли хорошо защищены от эрозии и дефляции, а благодаря листовому опадению и корневым системам получают большой прирост органических веществ [9].

Литература:

1. Бондаренко Л. В., Маслова О. В., Белкина А. В., Сухарева К. В. Глобальное изменение климата и его последствия. Вестник Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова. 2018; (2):84-93. <https://doi.org/10.21686/2413-2829-2018-2-84-93>
2. Гуман М. А. Антропогенные изменения растительности юга Псковской области в голоцене (по палинологическим данным) / Ботанический журнал, 1978, 63, 10. С. 1419.
3. Калдыбаев Б. К., Кадырова Г. Б., Жолболдиев Б. Т. Радиоэкологические исследования природно-техногенных экосистем / Вестник ИГУ, №55, 2023. С. 30-37.
4. Канаев А. Т., Инелова З. А., Кенжебеков А. К., Мукашева К. М., Даулетбаева М. М. Спектры экотопов, обуславливающие биотоп и формирующий растительные сообщества на Текелийском хвостохранилище // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 6; URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=25879>
5. Кобзарь В. Н. Изменчивость пыльцы и спектр аэроаллергенов в условиях экологического дисбаланса Кыргызской Республики: Автореф. дис...д-ра биол. наук. -Алма-Ата, 1996. – 41 с.
6. Коваленко В. С., Штейнцайг Р. М., Голик Т. В. Рекультивация нарушенных земель на карьерах: Учебное пособие. В 2 ч. - М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2008. - Ч. 1. Основные требования к рекультивации нарушенных земель. - 65 с.
7. Комплексность в рекультивации техногенных ландшафтов и терминологические аспекты проблемы// Программа и методика изучения техногенных биогеоценозов / Моторина Л. В. - М.: Наука, 1978. - С. 26-29.
8. Макарова Т. И., Джабаилдаева Г. Т. Ремедиация как направление правовой охраны земель / Вестник Института законодательства и правовой информации РК №2 (56), 2019.
9. Миннихметов И. С., Мурзабулатов Б. С., Лыкасов О. Н. Биологический этап рекультивации нарушенных земель URL: <https://kadastr.org/conf/2017/pub/monitprir/biologich-etap-rekultivacii-narushen-zemel.htm>
10. Наквасина Е. Н., Земцовская О. Н., Денисова А. И. Использование злаковых трав для биологической рекультивации нарушенных земель Севера /2014 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-zlakovyh-trav-dlya-biologicheskoy-rekultivatsii-narushennyh-zemel-severa>
11. Петрова Т. А., Рудзиш Э. Рекультивация техногенно-нарушенных земель с применением осадков сточных вод в качестве мелиорантов. Записки Горного института, 251, 2021, 767-776. <https://doi.org/10.31897/PMI.2021.5.16>
12. Последствия изменения климата для международных транспортных сетей и адаптация к ним / Европейская экономическая комиссия ООН https://unece.org/DAM/trans/main/wp5/publications/climate_change_2014r.pdf.
13. Сариев А. Х., Чербакова Н. Н., Терентьева Н. Ю. Восстановление почвенно-растительного покрова нарушенных тундровых земель / Вестник КрасГАУ. 2021. № 7. С. 73-81. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-7-73-81.
14. Семина И. С. О рекультивации нарушенных земель на разрезах Кузбасса // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2014. № 12. С. 307 – 315.

15. Современное состояние ледников Внутреннего Тянь-Шаня и их влияние на водные ресурсы Кыргызской Республики // Водные и гидроэнергетические ресурсы Кыргызстана в условиях изменения климата / Сатылканов Р. А., Шатравин В. И., Осмонбаева К. Б. и др. - Б.: 2022.- Гл. 1. - С. 7-49.
16. Шардаков В. С. Реакция на пероксидазу как показатель жизнеспособности пыльцы растений / В. С. Шардаков // Доклады АН СССР. – 1940. - Т. 26. Вып. 3. - 77 с.
17. Naeth A., Rutherford M., Jobson A. Soil reclamation and remediation of disturbed lands\ URL: <https://openpress.usask.ca/soilscience/chapter/soil-reclamation-and-remediation-of-disturbed-lands/>