

\*Г.С. Айдарханова<sup>1</sup>, Ж.М. Кожина<sup>1</sup>, М.Б. Хусаинов<sup>1</sup>, А.С. Кобланова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан;  
<sup>2</sup>Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан  
(E-mail: exbio@yandex.ru)

## Мониторинг экологии «ключевых деревьев» для сохранения генофонда лесных ресурсов Восточного Казахстана

В работе представлены результаты мониторинга экологии «ключевых деревьев» для сохранения генофонда лесных ресурсов Восточного Казахстана. С целью определения экологических условий маточных деревьев сосны обыкновенной выполнены рекогносцировочные исследования генофонда лесных экосистем Семипалатинского Прииртышья. Общепринятыми лабораторно-полевыми исследованиями выполнен физико-химический анализ почв, определены уровни природного гамма-фона, исследовано радионуклидное загрязнение почв и древесных растений, изучено флористическое разнообразие на экспериментальных площадках, расположенных на «следе» радиоактивных выпадений. При реализации задач эксперимента установлено общее состояние древесной и травянистой растительности. В структуре спектра семейств флоры исследуемого лесного резервата включены 28 видов из 14 семейств, 27 родов. Отмечено, что радионуклидное загрязнение почвы на лесных угодьях характеризуется наименьшими концентрациями нуклидов в диапазоне 1-904 Бк/кг и не вносит значимого вклада в процессы биологического круговорота в региональных экосистемах.

*Ключевые слова:* лесной резерват, экосистемы, мониторинг, радионуклиды, радиационный фон, сосна обыкновенная, почвы, флора, лесоразведение, озеленение.

Ленточные боры Семипалатинского, Павлодарского Прииртышья на территории Казахстана являются важным природным ресурсом, обеспечивающим устойчивое развитие экономики региона и поддерживающим естественно-природное равновесие компонентов экосистем этого края. Лесные экосистемы островными биогеоценозами распространены в северной части Восточно-Казахстанской и юго-восточной части Павлодарской областей — по правобережью Иртыша и отходят от него в восточном направлении на 50–60 км. С востока на территории России они граничат с ленточными борами Алтайского края и Кулундинской степью. Основные участки ленточного бора имеют статус государственного лесного природного резервата «Семей орманы», расположены на территории Восточно-Казахстанской области. По данным военных специалистов, участок леса, приграничный с территорией Семипалатинского испытательного полигона, был подвергнут радиационному воздействию в период проведения наземных ядерных взрывов в 1949–1963 гг. [1, 2]. С целью определения экологических условий маточных деревьев сосны обыкновенной выполнены мониторинговые исследования для изучения состояния экосреды генофонда лесных экосистем Семипалатинского Прииртышья.

Материалом для исследования служили пробы почв, травянистой и древесной растительности, отобранные в ходе экспедиционно-полевых работ летом 2015 г. на территории Государственного лесного природного резервата (ГЛПР) «Семей орманы». В работе были использованы общепринятые методы полевых и лабораторных анализов, предусматривающие физико-химический анализ почв, определение уровня природного гамма-фона, исследование радионуклидной загрязненности почв и растений, изучение флористического разнообразия на экспериментальных площадках [3–5].

### *Результаты и их обсуждение*

Для сохранения и воспроизводства лесов решающим фактором является соответствие биологических особенностей главных пород условиям произрастания [6, 7]. Для создания устойчивых лесных экосистем рекомендуются аборигенные древесные породы, которые испытаны в лесокультурной практике. В условиях ГЛПР «Семей орманы» основной лесной культурой является сосна обыкновенная (*Pinus silvestris L.*), являющаяся наиболее качественным сырьем для лесопроизводственной отрасли. С целью сохранения генофонда лесных ресурсов в 1970-е гг. в регионе Восточного Казахстана были отобраны «ключевые деревья» для проведения работ по лесовозобновлению. В лесопроизводственной практике для размножения посадочного материала в регионах Семипалатинского Прииртышья используются семена шишек отмеченных деревьев. Для воспроизводства лесных территорий,

подверженных радиационному воздействию, важно определение экологической характеристики мест обитания выделенных деревьев.

Экспериментальные исследовательские площадки нами были заложены в Букебаевском лесничестве Государственного природного лесного резервата «Семей орманы». Площадь этого участка, расположенного в зоне заповедного ядра, составляет 670,0 га. В квартале № 50, выдел 21, заложена мониторинговая площадка № 1 Букебаевского лесничества общей площадью 0,04 га. Визуальное обследование показало, что древостой представлен сосной обыкновенной в возрасте 50–140 лет. Методом прямого подсчета определены 23 дерева сосны обыкновенной, относящиеся к первому ярусу, в возрасте от 30 до 60 лет, высотой до 22 м, средний диаметр ствола которых составил 36 см. Подрост представлен проростками сосны естественного возобновления, проектируемое покрытие которых составляет 57 %, диаметр ствола не превышает  $6 \pm 2,1$  см, у 13 деревьев средний диаметр ствола  $8 \pm 2,7$  см, высота достигает 8 м, 3 проростка однолетки, 144 молоденькие сосенки доросли до 1 м, 219 штук превышают отметки свыше 1 м. На экспериментальном участке единичными экземплярами отмечен подрост из аборигенных лиственных пород: осины (4 шт. высотой до 50 см), березы (5 штук высотой до 50 см). Почвенный покров зарос мохово-лишайниковым ярусом.

Климат в местах произрастания сосны обыкновенной характеризуется как резко континентальный, отличается засушливостью весенне-летнего периода, высокими летними и низкими зимними температурами, недостаточным и неустойчивым по годам количеством атмосферных осадков, сильными ветрами в течение всего года. В 2014 г. средняя низкая температура составила  $-16,5$  °С, в диапазоне от  $-3$  до  $-40$  градусов; средняя высокая температура была  $+16$  °С, с отметками  $+4$ – $34$ °С. Большой практический интерес представляет режим осадков в весенне-летний период, который является решающим для приживаемости лесных культур сосны обыкновенной. Многолетними наблюдениями установлено, что для обеспечения всходов сосны обыкновенной необходимым количеством почвенной влаги в июне требуется минимум 20 мм полезных осадков, даже при условии абсолютного отсутствия или недостаточного количества их в мае. В 2014 г. общее количество осадков на территории резервата за июнь составило от 4 до 13,9 мм, в связи с чем приживаемость посадки 2014 г. составила 46,6 % [8].

Травостой представлен однолетними и многолетними растениями, общие сведения о которых приведены в таблицах 1–2.

Т а б л и ц а 1

**Основные таксономические показатели флоры лесной экосистемы ГЛПР «Семей орманы»**

Таксономические показатели	Показатели флоры лесничества «Букебаевский»
Общее число видов	28
Общее число родов	27
Общее число семейств	14

У кромки леса наблюдается значительное обилие видов, граничащих со степными ценозами. Исследователи ранних лет отмечали, что особенностью растительного покрова полосы сухих типчакво-ковыльных степей является господство ксерофитных дерновинных злаков (ковылей, типчака, тонконога) при незначительном участии, а иногда при полном выпадении из травостоя, более требовательного к почвенному увлажнению разнотравья [9]. Представителями разнотравья описываемой подзоны являются гвоздика жесткая (*Dianthus rigidus*), молочай полусердцевидный (*Euphorbia subcordata*), лапчатка бесстебельная (*Potentilla acaulis*). Эти виды отмечены на лесных опушках, вдали от местоположения населенных пунктов. Характер развития ценоза (особенности размножения доминантов, возобновления) идут в направлении процесса восстановления древесной растительности. Общее состояние древесной растительности характеризуется как удовлетворительное. Влияния антропогенных факторов не наблюдалось, видимые повреждения вредителями и болезнями отсутствуют.

Перед резерватом стоят задачи по обеспечению сохранности типичных мест обитания редких, эндемичных видов флоры и фауны, их генетических ресурсов и уникальных типов растительности и экосистем, элементов природной среды для научных исследований и мониторинга. Сохранение биологического разнообразия напрямую связано с сохранением естественных экосистем.

Современные экологические условия произрастания сосны обыкновенной характеризуются сформировавшимися радиоэкологическими параметрами. Установлено, что средние значения радиационного гамма-фона приземного слоя атмосферы по населенным пунктам территории находились в пределах 0,08–0,22 мкЗв /ч и не превышали нормы. В 1995–1996 гг. на территории Долонского лесхоза осуществлялась реализация проекта «Радиологическая оценка НАТО–Семипалатинск». В проекте участвовали специалисты различных радиоэкологических организаций Казахстана, Германии, Франции и Чехии. Уже в эти годы была отмечена стабилизация естественно-радиационного фона, показатели которого варьировали также в этих пределах [10]. Следует отметить, что в отдаленные сроки после проведенных ядерных испытаний на территориях, прилегающих к Семипалатинскому полигону, аномально радиационные участки обнаруживались на локальных территориях вблизи эпицентров радиационных инцидентов [2].

Т а б л и ц а 2

## Структура головной части спектра семейств флоры ГЛПР «Семей орманы»

Семейства	Количество видов флоры лесничества «Букебаевский»	
	шт.	%
Березовые ( <i>Betulaceae</i> )	1	3,6
Бобовые ( <i>Fabaceae</i> )	3	10,8
Гречишные ( <i>Polygonaceae</i> )	1	3,6
Астровые ( <i>Asteraceae</i> )	6	21,6
Гвоздичные ( <i>Caryophyllaceae</i> )	1	3,6
Розоцветные ( <i>Rosaceae</i> )	4	14,2
Зверобойные ( <i>Hypericaceae</i> )	1	3,6
Яснотковые ( <i>Lamiaceae</i> )	2	7,1
Сосновые ( <i>Pinaceae</i> )	1	3,6
Свинчатковые ( <i>Plumbaginaceae</i> )	1	3,6
Подорожниковые ( <i>Plantaginaceae</i> )	3	10,8
Осоковые ( <i>Cyperaceae</i> )	1	3,6
Злаки ( <i>Poaceae</i> )	3	10,8

Техногенные загрязнения в почвенно-растительном покрове отмечаются во всех компонентах экосистем лесохозяйственного производства: почвах, древесине, коре, опилках, ветках сосны. Продукты ядерных взрывов, радионуклиды естественного и техногенного происхождения отмечены во всех пробах. Как видно из результатов экспериментов, они включены во все компоненты природной среды. Однако их концентрации не превышают предельно допустимых уровней и в настоящее время не представляют серьезной опасности для населения и экосистем в целом. При этом общая радиоактивная загрязненность носит мозаичный характер. Выявлено, что почвы на лесных угодьях имеют наименьшие концентрации радионуклидов (1-904 Бк/кг) и не вносят значимого вклада в процессы биологического круговорота в региональных экосистемах. Для условий степи и лесостепи сосна, по существу, — единственная из хвойных пород, которая произрастает и дает семенное потомство в естественных зональных условиях. Но к середине XX в. сосновые боры сохранились здесь лишь вблизи рек на песчаных увалах, главным образом по правобережью крупных рек: Тобола, Ишима, Иртыша, Оби, Енисея и Лены. Исключительная водоохранная роль сосновых боров вдоль этих крупных рек делает проблему их восстановления весьма актуальной. Не менее актуальна задача сохранения боров и вдоль малых рек. В целях озеленения и создания новых лесонасаждений в условиях Восточного Казахстана сосна обыкновенная наиболее эффективна среди хвойных пород. Она наименее требовательна к почвенным условиям и более вынослива на загазованной городской территории.

**Радионуклидное загрязнение почв и древесной культуры *Pinus sylvestris*  
в местах проведения ядерных испытаний**

Наименование пробы	Диапазон измеренных значений гамма-излучающих радионуклидов, Бк/кг				
	<sup>226</sup> Ra	<sup>40</sup> K	<sup>228</sup> Ac	<sup>137</sup> Cs	<sup>241</sup> Am
Почвы	71-112	610-904	12-23	4.8-32	< 1,0
Сосновые ветки	32-62	45-85	< 9,7	< 2,0	< 0,9
Сосновые шишки	33-91	до 52	< 9,0	< 2,0	< 0,7
ПДК	1*10 <sup>4</sup>	1*10 <sup>4</sup>	1*10 <sup>6</sup>	1*10 <sup>4</sup>	1*10 <sup>4</sup>

Как показывают результаты анализов о радионуклидной загрязненности сосновых веток и сосновых шишек, значимые концентрации нуклидов в изученных пробах не установлены. Факт низкой радиоактивности структурообразователя лесной экосистемы реликтового соснового бора, видимо, можно объяснить несколькими причинами: давностью сроков проведения ядерных испытаний, незначительными выбросами радиоактивных частиц над лесной территорией, природными особенностями почвенного покрова. Все эти факторы привели к интенсивному перемещению нуклидов по вертикальному профилю почвы, низкому уровню радионуклидной загрязненности сосны <sup>137</sup>Cs. Результаты фрагментарного изучения радионуклидной загрязненности сосновых деревьев цезием на выбранных ключевых площадках показали, что один из биологически токсичных радионуклидов <sup>137</sup>Cs аккумулируется ими в очень низкой степени.

В целом радионуклидное загрязнение деревьев реликтового ленточного бора может характеризоваться как безопасное, зависит от множества факторов (мощности ядерного взрыва, высоты сброса бомбы, метеоусловий, географического положения местности, типа почвы, характера растительности, степени антропогенеза и др.). Лесохозяйственная деятельность на территории лесхозов в значительном объеме получает лесоводческую продукцию, которая позволяет удовлетворить частично потребности не только отраслей экономики, но и населения. Жители региона успешно освоили технологии получения деловой древесины, древесной биомассы для целлюлозно-бумажного и плитных производств, топливного сырья, кормовых и пищевых добавок и прочее. Также в регионе успешно развиваются работы по воспроизводству лесов, лесоразведению и озеленению. Местные хозяйствующие субъекты получают ежегодно достаточные объемы посадочного материала для выращивания не только в своих лесхозах, но и для высадки в близлежащих парках и скверах населенных пунктов.

### Список литературы

- 1 Ядерные испытания СССР / Рук. авт. кол. В.Н. Михайлова. — Т. 1. — Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 1997. — 286 с.
- 2 Смагулов С.Г. Семипалатинский полигон / С.Г. Смагулов // Доклад НЯЦ РК Комиссии ООН. — Курчатов, 1998. — С. 7–12.
- 3 Инструкция по наземному обследованию радиационной обстановки на загрязненной территории: утв. Межведомственной комиссией по радиационному контролю природной среды. — М., 1989. — 27 с.
- 4 Марадудин И.И. Руководство по радиационному обследованию лесного фонда (на период 1996–2000 гг.) / И.И. Марадудин, А.В. Панфилов, Т.В. Русина и др. — М.: Рослесхоз, 1995. — 34 с.
- 5 Дубасов Ю.В. Методологические аспекты создания радиэкологического паспорта ядерного полигона / Ю.В. Дубасов, Ш.Т. Тухватулин, С.Г. Смагулов, Г.С. Айдарханова // Радиационное наследие XX века и восстановление окружающей среды: материалы междунар. конф. — М., 2000. — С. 67–71.
- 6 FAO Global Forest Resources Assessment 2000. FAO Forestry Paper 140. Rome, Food and Agriculture Organization (2001).
- 7 Тихомиров Ф.А. Распределение и миграция радионуклидов в лесах в зоне радиоактивного загрязнения / Ф.А. Тихомиров, А.И. Щеглов, О.Б. Цветнова // Радиационные аспекты Чернобыльской аварии. — СПб.: Гидрометеониздат, 1993. — Т. 2. — С. 45.
- 8 Муканов Б.М. Современное лесопатологическое состояние насаждений и научное обеспечение защиты лесов Казахстана / Б.М. Муканов, О.С. Телегина // Защита леса — инновации во имя развития: Бюллетень Постоянной Комиссии ВПРС МОББ по биологической защите леса. — Вып. 9. — Пушкино: ВНИИЛМ, 2013. — С. 80–83.
- 9 Лурье А. Радиэкология леса: учеб. пос. / А. Лурье. — 2014. — 192 с.
- 10 Spiridonov S.I., Solomatin V.M., Tetenkin V.L. A comparative assessment of the radiation factor effects on humans and biota within the Semipalatinsk Test Site // Safety Challenges in the 21st Century: International Conference. — Yerevan, Republic of Armenia, 20–21 June, 2012. Proceedings. — P. 104–106.

Г.С. Айдарханова, Ж.М. Кожина, М.Б. Хусаинов, А.С. Кобланова

## Шығыс Қазақстанның орман ресурстары гендік қорын сақтау үшін «негізгі ағаштардың» экологиялық мониторингі

Мақалада Шығыс Қазақстанның орман ресурстары гендік қорын сақтау үшін «негізгі ағаштардың» экологиялық мониторингі нәтижелері ұсынылған. Кәдімгі қарағай ағаштарының қоршаған орта жағдайларын анықтау мақсатында Семей Ертісі орман экожүйесінің гендік қоры зерттелді. Жалпы зертханалық және далалық зерттеулердің түрлі әдістерін қолдану арқылы радиоактивті «ізде» орналасқан территорияларда топырақтың физикалық және химиялық қасиеттері, табиғи гамма фонның деңгейлері, топырақтың және ағаштардың радионуклидтік ластану деңгейі, флористикалық алуантүрлілігі анықталды. Орман резерваттарының флора құрылымына 28 түрдің 14 тұқымдасы, 27 туысы белгілі болды. Орман топырағының радионуклидті ластануы 1-904 Бк/кг диапазонында нуклид мөлшерінің аз болуымен сипатталды.

*Кілт сөздер:* орман резерваты, экожүйе, мониторинг, радионуклидтер, радиациялық фон, кәдімгі қарағай, топырақ, флора, орман өсіру, көгалдандыру.

G.S. Aidarkhanova, Zh.M. Kozhina, M.B. Khusainov, A.S. Koblanova

## Ecological monitoring of «key trees» for saving genetic pool of Eastern Kazakhstan forest resources

In the work the results of ecological monitoring of «key trees» for saving genetic pool of Eastern Kazakhstan forest resources are represented. In order to determine the ecological conditions of uterine trees, the Scotch pine, the reconnoitering investigations of forest ecosystem Semey Priirtish'ya were implemented. The physical and chemical soil analysis was implemented by standard laboratory and field investigations, the natural levels of background gamma radiation were determined, the radionuclide soil pollution and tree plants were investigated, the floristic variety was learned on the experimental platform by placing on the radioactive «track». General conditions of tree and grass plants were determined during the experimental objective realizations. In the structure of floristic family spectrum, by investigating the forest reservation, 28 species from 14 family and 27 clan were included. The radionuclide soil pollution on the forest estate is characterized by the least concentration of nuclide in the range of 1-904 Bc/kg and it does not make a significant contribution to the processes of the biological cycle in the regional ecosystem.

*Keywords:* forest reserve, ecosystem monitoring, radionuclides, radiation background, Scots pine, soil, flora, wood cultivation, gardening.

### References

- 1 Mikhailova, V.N. (1997). *Iadernye ispytaniia SSSR [Nuclear tests of the USSR]*. Sarov: RFYaTs-VNIIEF [in Russian].
- 2 Smagulov, S.G. (1998). *Semipalatinskii polyhon [Semipalatinsk Test Site]*. Report of the NNC RK to the UN Commission. Kurchatov [in Russian].
- 3 *Instruktsiia po nazemnomu obsledovaniuu radiatsionnoi obstanovki na zagriaznennoi territorii [Instructions for a ground-based survey of the radiation situation in a contaminated area]*: Interdepartmental Commission for Radiation Control of the Environment, Moscow, 1989 [in Russian].
- 4 Maradudyn, I.I., Panfilov, A.V., & Rusina, T.C. (1995). *Rukovodstvo po radiatsionnomu obsledovaniuu lesnoho fonda (na period 1996–2000 hh.) [Guidelines for the Radiation Survey of the Forest Fund (for the period 1996–2002)]*. Moscow: Rosleskhoz [in Russian].
- 5 Dubasov, U.V., Tukhvatulin, Sh.T., Smagulov, S.G., & Aidarkhanova, G.S. (2000). *Metodologicheskie aspekty sozdaniia radioekologicheskogo pasporta iadernoho polihona [Methodological aspects of creating a radioecological passport of a nuclear test site]*. Proceeding from Radiation Heritage of the Twentieth Century and Restoration of the Environment: *Mezhdunarodnaia konferentsiia — International Conference* (pp. 67–71). Moscow [in Russian].
- 6 FAO (2001). *Global Forest Resources Assessment 2000 // FAO Forestry Paper 140*. Rome, Food and Agriculture Organization.
- 7 Tikhomirov, F.A., Scheglov, A.I., & Tsvetnova, O.B. (1993). *Raspredelenie i mihratsiia radionuklidov v lesakh v zone radioaktivnoho zahriazneniia [Distribution and migration of radionuclides in forests in the zone of radioactive contamination]*, Radiation aspects of the Chernobyl accident, Soviet scientific and technical publishing house: *Gidrometeoizdat*, 2, 45 [in Russian].
- 8 Mukanov, B.M., & Telegina, O.S. (2013). *Sovremennoe lesopatologicheskoe sostoiianie nasazhdenii i nauchnoe obespechenie zashchity lesov Kazakhstana [Modern forest pathological condition of plantations and scientific provision of forest protection in Kazakhstan]*. *Zashchita lesa — innovatsiia vo imia razvitiia — Forest Protection — Innovation for Development*, 9, Pushkino: All-Russian Scientific Research Institute of Forestry and Mechanization of Forestry (p. 80–83) [in Russian].
- 9 Lurie, A. (2014). *Radioekologhiia lesa [Radioecology of the forest]* [in Russian].
- 10 Spiridonov, S.I., Solomatin, V.M., & Tetenkin, V.L. (2012). *A comparative assessment of the radiation factor effects on humans and biota within the Semipalatinsk Test Site // Safety Challenges in the 21st Century: International Conference*. (pp. 104–106). Yerevan, Republic of Armenia, 20–21, June, Proceedings.