

**М.Б. Шилин, Ю.А. Леднова, М.Ю. Меньшакова, Р.И. Гайнанова,
Е.А. Румянцева**

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПТИЦ С ЛИНЕЙНЫМИ ТЕХНИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

Введение. Линейные технические объекты (ЛТО) – это элементы техносферы, протяженность (длина) которых существенно больше, чем ширина. К ЛТО относятся: коммуникативные и инженерные наземные и подземные сети (линии электропередач, ливневые и канализационные коллекторные системы, сети метрополитена); наземные трубопроводы; дороги (автотрассы, железнодорожное полотно); мосты; дамбы гидротехнических сооружений; каналы для водоснабжения и земельного орошения; заграждения (ограды, заборы и т. п.); искусственные насаждения (лесополосы); морские фарватеры для прохода судов, а также туннели и морские трубопроводы.

ЛТО могут существенно трансформировать естественную природную среду, вызывая ее фрагментацию и оказывая многочисленные побочные эффекты. Значительное негативное воздействие они оказывают на представителей наземной фауны – млекопитающих, пресмыкающихся и земноводных, препятствуя их миграциям и расчлняя крупные целостные популяции на более мелкие (эффект инсультации) [Федоров и др., 2007; Жигульский и др., 2020; Федоров и др., 2023].

Что касается воздействия ЛТО на птиц, то оно изучено еще крайне слабо. Сведения о взаимодействиях птиц с ЛТО противоречивы и нуждаются в обобщении и систематизации [Сагитов, Шилин, 2007; Шилин и др., 2013; Дуайер, 2023; Онгарбаев, 2023; Панов, 2023].

В статье рассмотрены примеры влияния различных ЛТО на орнитофауну по результатам анализа международной практики и собственных наблюдений.

Собственные наблюдения проводились авторами на следующих ЛТО:

- морские трубогазопроводы «Нордстрим-1» и «Нордстрим-2» [Коузов и др., 2013; Shilin et al., 2014; Shilin et al., 2018];
- морские фарватеры для прохода крупнотоннажных танкеров в Арктике [Федоров и др., 1997];

– мост через Кольский залив (Мурманское побережье Баренцева моря) [Шилин и др., 2022].

Методика наблюдений. Изучение распределения орнитофауны вдоль ЛТО осуществлялось с использованием методики проведения маршрутных учетов птиц Ю.С. Равкина и Н.Г. Челинцева [Равкин, Челинцев, 1990]. Маршрутные учеты проводились в период максимальной активности птиц (сезонной и суточной) с учетом направления ветра, погодных условий и приливно-отливных явлений. По пути следования учетчика велась оценка встречаемости видов птиц, статуса их пребывания на территории, фиксировались издаваемые птицами звуковые сигналы, а также такие следы активности, как поеди, расклевы яиц, разоренные гнезда, следы пребывания млекопитающих (потенциальных консументов). Наблюдения велись с помощью полевого бинокля марки Bushnell 8x32 и зрительной трубы Carl Zeiss Conquest Gavia 30-60x85 HD. Специальное внимание уделялось местам повышенной концентрации птиц обычных (фоновых) видов. Такие территории могут иметь большое значение для птиц всех видов в период весенне-осенних миграций (как места отдыха и кормежки), а также служить местом формирования кормовой базы для хищников.

Для идентификации видов птиц использовались стандартные полевые определители [Collins Bird Guide..., 2006; Svensson, 2009] и оригинальный, специально разработанный авторский справочник – путеводитель [Францен и др., 2020].

Общая численность птиц в биотопах определялась методом тотального подсчета.

Результаты. Взаимодействие птиц с различными ЛТО. Железные дороги. Создание железнодорожной инфраструктуры может повысить разнообразность монотонного ландшафта (степного, тундрового и др.) и создать больше возможностей для гнездования и кормежки птиц [Morelli, Beim, 2014] (рис. 1).

Объекты железнодорожной инфраструктуры оказывают притягательное воздействие на птиц, хотя содержат при этом ряд скрытых угроз (в том числе – смертельных).

Хавлин, изучив влияние железнодорожных путей на орнитофауну в Чехословакии в регионе г. Брно в 1981–1986 гг., отметил большое видовое разнообразие птиц и мест гнездования различных видов вдоль путей. Кустарниковая растительность вдоль железнодорожного полотна в условиях агроценоза является местом убежища для птиц, способствуя увеличению их общей численности и разнообразию орнитофауны [Havlin, 1987].

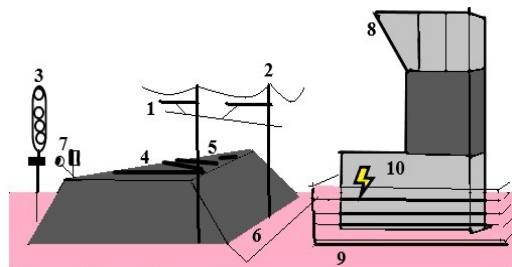


Рис. 1. Схематическое представление об объектах железнодорожной инфраструктуры, оказывающих притягательное воздействие на птиц

- 1 – объекты телекоммуникации; 2 – высоковольтные линии электропередач; 3 – сигнальные устройства (семафоры и т. п.); 4 – рельсы; 5 – шпалы; 6 – кюветы; 7 – железнодорожные стрелки; 8 – смотровые вышки и будки; 9 – ограждения; 10 – системы электrorаспределения, трансформаторные будки и т. п.

Fig. 1. Schematic representation of railway infrastructure objects that have an attractive effect on birds

- 1 – telecommunications objects; 2 – high-voltage power lines; 3 – signaling devices (semaphores, etc.); 4 – rails; 5 – sleepers; 6 – cuvettes; 7 – railway switches; 8 – observation towers and booths; 9 – fencing; 10 – power distribution systems, transformer boxes, etc.

Муриас с соавторами изучили изменение орнитофауны в центральной Португалии до начала, во время строительства и с началом эксплуатации виадука железной дороги протяженностью 5,5 км, проходящей через солоноватые ветленды лагуны Авейру. Данное местообитание является чрезвычайно важным для ржанковых (куликов), с учетом того, что большинство ветлендов Португалии уже в значительной степени преобразовано антропогенной деятельностью. Авторы отмечают сокращение численности размножающихся видов, зимующих куликов, а также изменение характера активности и пространственного распределения птиц с началом ввода виадука в эксплуатацию. Во время строительства негативного воздействия не наблюдалось, в том числе благодаря использованию экологических коридоров, способствовавших успешному размножению куликов. Кроме того, часть птиц могла гнездоваться в других (смежных) солоновато-водных ветлендах. С началом эксплуатации виадука птицы вынуждены были значительное время уделять активностям по обеспечению бдительности, что сократило время кормления. Как следствие, строительство виадука в конце концов привело к потере мест гнездования и кормежки для куликов. Авто-

ры отмечают необходимость учитывать также динамику природных факторов (в частности – пересыхание ветлендов в связи с потеплением климата), которые могут оказывать существенное воздействие на обилие птиц, характер их миграций и гнездования [Múrias, Gonçalves, 2017].

Дин с соавторами отмечают, что железные дороги в целом являются менее опасными для биоты, чем автомобильные. Травматизм и гибель птиц и других животных на железных дорогах существенно ниже, чем на автобанах. Снижение количества погибших птиц закономерно снижает и количество падальщиков (коршунов, врановых), а следовательно вероятность их травматизма и гибели. В случае транспортировки зерна железные дороги становятся привлекательным объектом для зерноядных птиц, что повышает вероятность их гибели и травмирования.

На электрифицированных железных дорогах негативный фактор воздействия на птиц – возможное поражение током. Позитивный фактор – использование птицами стальных конструкций железнодорожных станций для гнезд и укрытий.

Выемки в коренных породах и глубоких почвах на возвышенностях могут использоваться птицами, гнездящимися в расщелинах скал (чистиковыми, чайковыми), или роющими птицами (зимородками, шурками, береговыми ласточками и др.), прокладывающими ходы в песчаных и глинистых склонах. Новые места гнездований появляются на железнодорожных мостах со стальными решетчатыми балками. Пространство между железнодорожным полотном и прилегающими ограждениями может быть использовано птицами для укрытия и ночлега. Возможно использование этого пространства также как места кормежки и гнездования – например, воронами [Dean, Seymour, 2018].

Мало с соавторами изучили влияние на орнитофауну железнодорожной инфраструктуры, к которой относятся ЛЭП (контактная сеть, линия электросети, поддерживающие провода), воздвигнутые сооружения (проезды и мосты), балластный слой железнодорожного пути (каменное и гравийное полотно), опоры контактной сети, заборы и насыпи. Отмечается, что развитие железнодорожной сети, с одной стороны, приводит к потере привычных мест обитаний птиц и увеличению смертности последних, а с другой – создает новые местообитания, которые активно используются некоторыми видами. Таким образом, одни виды снижают свою численность, другие – увеличивают. Виды птиц, которые используют сельскохозяйственные поля как кормовые и гнездовые биотопы, обычно держатся на удалении от железнодорожных путей, тогда как виды, постоянно использующие искусственные сооружения, активно используют и железнодорож-

ные конструкции. При этом отмечается, что железнодорожная инфраструктура, а также движение поездов регулярно приводят к гибели птиц, попавших в зону турбулентного потока движения воздуха от проходящего состава, в результате столкновения с поездом, силовыми проводами, контактной сетью и т.д. [Malo, García de la Morena, 2017].

Насыпи (откосы) с растительностью используются в качестве места кормления и гнездования, например, некоторыми выюрковыми, особенно в условиях ограниченного распространения естественных зарослей кустарника. Структурные элементы железнодорожных путей – контактные сети, мосты, столбы – представляют собой фактически новые потенциальные места для насестов, присад и гнездования. Линии электропередач, как элемент железнодорожной сети, используются в качестве мест наблюдения (мелкие хищники) и пения (скворцы). Переходы и мосты используются для отдыха и гнездования (сизый голубь, каменный воробей) [Malo, García de la Morena, 2017].

Мосты. Сложная структура мостов, наличие большого количества технических элементов формируют искусственные полифункциональные биотопы [Morelli, Beim, 2014; Malo, García de la Morena, 2017; Dean, Seymour, 2018; Шилин и др., 2022]. На использование птицами мостов со стальным каркасом, включая исторические мосты со сложными стальными структурами и элементами декора, как мест гнездования, указывают [Dean, Seymour, 2018].

Морелли с соавторами отмечают, что мосты используются некоторыми видами орнитофауны как места гнездования и укрытия от хищников [Morelli, Beim, 2014].

Мало с соавторами указывают, что железнодорожные мосты используются птицами в качестве мест гнездования, насестов и присад [Malo, García de la Morena, 2017].

Шилин с соавторами на примере автомобильного моста через Кольский залив показывают, что различные виды чаек массово используют ограждения моста как места для отдыха [Шилин и др., 2022]. В зоне повышенной турбулентности вблизи опорных сооружений моста кормятся гагары, крачки и до 10 видов уток.

Автомобильные дороги различного покрытия и скоростного режима. Дороги с различным покрытием и различной интенсивностью движения могут оказывать большее или меньшее воздействие на птиц, причем как положительное, так и отрицательное. Кроме того, дороги включают в себя дополнительную инфраструктуру, которая может рассматриваться как в совокупности с дорожным покрытием, так и в отдельности. Это, например, элементы освещения, ветрозащитные полосы, заграждения и т. п. (рис. 2).

Указанные авторы выделяют следующие группы птиц, для которых формирование объектов дорожной инфраструктуры может носить положительное воздействие:

- дневные хищники, падальщики и сорокопутовые (*Laniidae*) используют дорожное покрытие в качестве места охоты (захватывают добычу или собирают травмированных на дороге животных);
- птицы с близлежащих сельскохозяйственных угодий используют опоры и провода линии электропередач, ограды и пр. в качестве насестов, присад и мест для пения;
- врановые, дневные хищные и другие виды птиц используют мосты и другие сооружения, связанные с дорогами, в качестве мест гнездования;
- виды воробьиных используют теплое покрытие дорог для сохранения метаболической энергии, а искусственное освещение вдоль дорог – для увеличения периода своей дневной активности;
- птицы близлежащих лесных массивов привлекаются к обочинам дорог из-за краевых эффектов, так как доступность искомого кормового ресурса часто выше на обочинах дорог, чем на участках вдали от этих границ местообитаний.

Линии электропередач. Линии электропередач (ЛЭП) включают в себя опоры и их основания, столбы, провода и системы заграждения – заборы и зеленые насаждения. ЛЭП активно используются птицами как места гнездования, укрытие от хищников, насесты для охоты, а также места для пения [Morelli, Beim, 2014].

При этом ЛЭП часто являются причиной гибели птиц по причине самой конструкции и вольтажа [Dean, Seymour, 2018]. Чаще всего птицы гибнут на ЛЭП напряжением 6–10 кВ на железобетонных опорах. Это связано с особенностями конструкции таких ЛЭП. В верхней части железобетонной опоры находится горизонтальная металлическая перекладина – траверса, приваренная к арматуре внутри опоры или соединенная болтовым соединением (и таким образом заземленная). К траверсе прикреплены изоляторы, на которых держатся неизолированные провода. Птица может сесть на провод и коснуться траверсы (или наоборот), что приводит к поражению током и гибели. Иногда погибшая птица застревает между проводом и траверсой, что вызывает постоянное замыкание провода на землю и приводит к отключению линии. ЛЭП более высоких напряжений, как правило, менее опасны для птиц, так как у них больше расстояние между проводами и заземленными элементами.

Обычно на ЛЭП гибнут птицы величиной с ворону и крупнее, размеры которых достаточны, чтобы коснуться одновременно провода и траверсы, но бывают случаи гибели и более мелких птиц, например, скворцов. Это

происходит, когда они садятся на провода плотной группой (например, во время дождя). Наибольшую же угрозу ЛЭП представляют для хищных птиц, которые имеют достаточно крупные размеры и нуждаются в высотных присадах для высматривания добычи. Дин с соавторами утверждают, что в безлесных ландшафтах опоры и кабели ЛЭП активно используются хищными птицами как места гнездования и ночевки, а также как насесты и присады [Dean, Seymour, 2018].

Шнайдер с соавторами, исследуя в 2020 г. гибель птиц на ЛЭП в Минусинской котловине Республики Хакасия, приходят к выводу, что наиболее опасными являются ЛЭП с бетонными опорами, оснащенными заземленными металлическими траверсами со штыревыми изоляторами, расположенные в открытых местообитаниях вдали от населенных пунктов. В таких местообитаниях наблюдается большое видовое разнообразие авифауны и высокий процент пернатых хищников, что увеличивает риск гибели птиц от контакта с ЛЭП. Особенно опасны короткие линии, выдающиеся в окружающий ландшафт, и отрезки линий, идущие по холмистому рельефу. Свыше 65% гибнущих птиц составляют врановые, до 30% – дневные хищные птицы, из которых до 18% приходится на пустельгу (*Falco tinnunculus*) и до 7% – на коршуна (*Milvus migrans*). Ущерб от гибели птиц на осмотренных 111,5 км ЛЭП составил 18,1 млн. руб. Общий уровень гибели птиц на ЛЭП Хакасии превышает 3250 особей в год, а общий ущерб – 64 171 440 руб. в год [Шнайдер и др., 2020].

Цитцер и Андреев утверждают, что четверть всех отключений воздушных ЛЭП возникает из-за птиц, а до 90% сетевых предприятий называют птиц «главной проблемой безопасного функционирования» [Цитцер, Андреев, 2023].

Колнегари с соавторами провели оценку воздействия ЛЭП на птиц в Иране и показали, что птицы часто гнездятся на воздушной инфраструктуре ЛЭП, что может привести к поражению их электрическим током и одновременно к повреждению оборудования, пожарам и перебоям в подаче электроэнергии. Любые элементы инфраструктуры электросетей (ступени опоры, опоры, башни высоковольтного напряжения, траверсы, электрошкафы и распределительные устройства), особенно в безлесных местах, используются птицами как места гнездования и насесты, а певчими птицами – также для пения [Kolnegari, Nazrati, 2022].

Двайер и Далла Роза, проводя исследования в Аргентине, обнаружили на электрической подстанции и на решетчатой опоре ЛЭП гнезда каракаров – крупных хищных птиц семейства соколиных. Авторы отмечают, что использование искусственных структур актуально в областях с дефицитом традиционных естественных субстратов и высоким качеством кормовых

ресурсов, привлекающих хищных птиц. Необходимо дополнительное изучение успешности использования антропогенных структур каракарами для гнездования в долгосрочной перспективе [Dwyer, Dalla Rosa, 2015].

Уайт и Бойс отмечают использование каракарами опор линий электропередач на высокогорных плоскогорьях («пунах») в Андах [White and Boyce, 1986].

Для защиты птиц от поражения током применяются птицевозащитные устройства (ПЗУ). В наиболее действенном варианте ПЗУ представляет собой колпак из изолирующего материала, закрывающий изолятор и участки провода по сторонам от него. Эффективной мерой является также использование самонесущего изолированного провода.

Гидротехнические сооружения. Воздействие линейных гидротехнических сооружений на авифауну может быть рассмотрено на примере Комплекса Защитных Сооружений Санкт-Петербурга от наводнений (КЗС) – системы дамб, водопропускных сооружений и мостов, соединяющей северный и южный берега Невской губы. КЗС включает в себя 11 защитных дамб, 6 водопропускных сооружений, два судопропускных сооружения и шестиполосную автомагистраль, проходящую по гребню защитных дамб, с мостами, туннелем и транспортными развязками [Федоров и др., 2007; Жигульский и др., 2020] – то есть, представляет собой сложноструктурированный искусственный биотоп с большим запасом потенциальных убежищ и «мест интереса» для представителей орнитофауны.

Проведенные исследования [Иовченко, 2012, 2016; Iovchenko, 2015; Жигульский и др., 2020] показали важную роль КЗС для сохранения биоразнообразия и редких видов околоводных и водоплавающих птиц, селящихся на дамбах КЗС буквально у кромки воды. Самые многочисленные на гнездовании виды – озерная чайка *Larus ridibundus*, малая чайка *Larus minutus* и речная крачка *Sterna hirundo*. Помимо них, в настоящее время на земляных дамбах, входящих в состав КЗС, гнездятся все восемь видов, занесенных в Красную книгу Санкт-Петербурга. В условиях Невской губы дамбы КЗС являются единственным местом регулярного гнездования для малой и полярной крачек (*Sterna albifrons* и *Sterna paradisaea*), галстучника *Charadrius hiaticula*, кулика-сороки *Haematopus ostralegus* и мородунки *Xenus cinereus*, а также одним из наиболее благоприятных мест для гнездования серой утки *Mareca strepera* и травника *Tringa nebularia*. Именно на дамбах в колониях ржанкообразных концентрируется в сезон размножения редкий для города длинноносый крохаль *Mergus serrator*. В наиболее благоприятные годы численность птиц только на одной из дамб КЗС может достигать 1500 пар.

Основными угрозами для всех видов птиц, использующих КЗС, являются: скашивание травы и производство других работ на дамбах КЗС в се-

зон размножения, фактор беспокойства, разорение гнезд людьми, хищничество бродячих собак.

Изгороди, ограждающие конструкции. Изгороди, заборы, заграждения и др. могут быть простыми или составными, электрифицированными, различной высоты и предназначения.

В целом ограждающие конструкции снижают смертность птиц, препятствуя их попаданию на дороги. Одновременно такие конструкции могут защищать огороженную территорию от излишних контактов с человеком, тем самым снижая фактор беспокойства, и позволяют восстанавливаться нарушенным экосистемам. Ограждающая конструкция может использоваться хищными птицами как смотровая площадка для наблюдения за возможной добычей.

Вместе с тем, электрические заборы могут повлиять на ходячих («walking») птиц, которые обычно пытаются пройти между прутьями или пролезть под сеткой забора, находящейся под напряжением, вместо того, чтобы перелететь препятствие. Это может привести к травмам или смерти таких крупных птиц, как дрофа *Otis tarda*, малая дрофа (корхан) *Eupodotis vigorsii* и др. [Dean, Seymour, 2018].

Телефонные и телеграфные столбы, системы освещения. Телефонные и телеграфные столбы, системы освещения и другая сопутствующая инфраструктура располагаются вдоль дорог.

В условиях отсутствия деревьев, либо когда их количество незначительно, телефонные столбы могут использоваться некоторыми видами птиц (например, серыми воронами *Corvus cornix*) для гнездования. При этом их заброшенные гнезда могут быть использованы другими видами птиц [Dean, Milton, 2000].

Морелли с соавторами на основе проведенного анализа отмечают, что искусственное освещение вдоль дорог, фонари и другие элементы искусственного уличного освещения используются птицами как места обитания с увеличением доступности пищи, а также как районы с продленной дневной активностью в зимнее время [Morelli, Beim, 2014].

Искусственно высаженная растительность. Бранофф и Черквейра оценили обилие и разнообразие орнитофауны в городских посадках Пуэрто-Рико. Отмечается, что численность орнитофауны сильно зависит от высоты крон деревьев. Для некоторых видов птиц важным фактором является наличие смешанного состава растительности [Branoff, Cerqueira, 2021].

Морелли с соавторами показали, что придорожная растительность, ветро- и лесозащитные полосы, зеленые полосы между обочиной и тротуаром, растительность у основания опор ЛЭП, улицы, засаженные деревьями, клумбы и другая городская растительность используются орнитофау-

ной с самыми разными целями. Искусственно высаженная растительность, увеличивающая гетерогенность ландшафта и поддерживающая устойчивость экосистемы в условиях антропогенного пресса, используется птицами в качестве мест гнездования, кормления (ввиду увеличения доступности пищи) и укрытия от хищников. Кроме того, искусственные насаждения формируют периферийные места обитания и выполняют роль экологических коридоров [Morelli, Beim, 2014].

Таким образом, птицы активно используют широкий спектр ЛТО, при этом нередко – с риском для жизни.

Анализ работ большого числа авторов показывает, что линейный объект надо рассматривать в совокупности с сопутствующей инфраструктурой – заграждениями, средствами освещения, радиомачтами, рекламными щитами и пр. Практически каждый ЛТО представляет собой многокомпонентную техническую систему, существенно повышающую разнообразие среды и запас искусственных биотопов, которые могут использоваться птицами в различных целях (рис. 3).

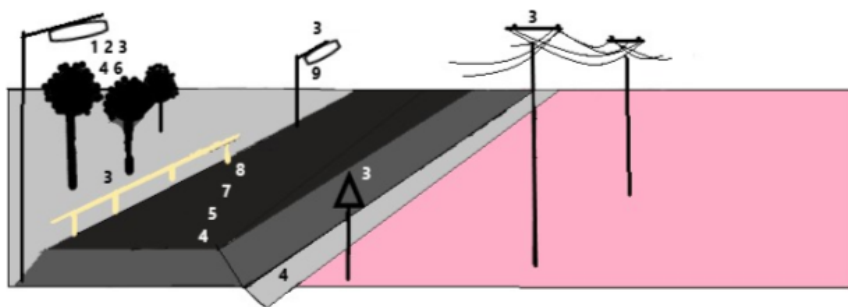


Рис. 3. Схематическое представление основных позитивных эффектов для птиц со стороны дорог, железнодорожных путей и сопутствующих антропогенных структур:

- 1 – места размещения гнезд; 2 – временные убежища; 3 – насесты и присады;
- 4 – кормовые биотопы; 5 – «мусорные площадки»; 6 – засады крупных пернатых хищников; 7 – места отдыха и аккумуляции энергии; 8 – места снижения пресса хищников; 9 – места продления активности в темное время суток

Fig. 3. Schematic representation of the main positive effects on birds from roads, railways and related anthropogenic structures:

- 1 – nest locations; 2 – temporary shelters; 3 – perches and perches; 4 – food biotopes;
- 5 – «garbage sites»; 6 – ambushes of large feathered predators; 7 – places of rest and energy accumulation; 8 – places where predator pressure decreases; 9 – places of prolongation of activity in the dark

Следует оговорить, что целый ряд ЛТО в принципе не используется птицами и не оказывает на них какого-либо реального воздействия – например, линии метрополитена, подземные и подводные кабели и трубопроводы [Сагитов, Шилин, 2007; Коузов и др., 2013; Шилин и др., 2013; Shilin et al., 2014].

Таким образом, по результатам обобщения литературных данных и анализа собственных данных можно сделать вывод об амбивалентном отношении птиц к ЛТО, которые, с одной стороны, привлекают их, а с другой – представляют собой постоянный источник различных угроз и опасностей. Подобный подход к оценке взаимодействия птиц и ЛТО является новым и позволяет определить баланс между положительными и отрицательными факторами взаимовлияния в системе «линейные технические объекты – орнитофауна».

На практике результаты работы могут быть использованы для разработки методов спецзащиты орнитофауны от негативного воздействия ЛТО.

Необходимо отметить, что государства, не решившие вопроса гибели птиц на ЛТО, фактически нарушают положения Международной конвенции по сохранению мигрирующих видов диких животных (Боннская конвенция, или CMS).

Вклад авторов. Шилин Михаил Борисович – постановка проблемы исследования, проведение экспедиционных работ в Кольском заливе Баренцева моря и Финском заливе Балтийского моря, разработка концепции статьи, критический анализ литературы о взаимодействии орнитофауны и линейных технических объектов.

Леднова Юлия Анатольевна – подготовка текста статьи, анализ воздействия линейных технических объектов на орнитофауну по литературным данным, редактирование текста статьи, подготовка иллюстративного материала.

Меньшакова Мария Юрьевна – организация и проведение экспедиционных работ на баренцевоморском побережье Мурманской области.

Гайнанова Рамзия Ильшотовна – проведение экспедиционных работ на баренцевоморском побережье Мурманской области, сбор и анализ данных натурных обследований, редактирование текста статьи.

Румянцева Екатерина Александровна – подготовка текста статьи, характеристика и анализ видов воздействия линейных технических объектов на орнитофауну, подготовка иллюстративного материала.

Сведения о финансировании исследования. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-27-20109, <https://rscf.ru/project/22-27-20109/>, и при финансовой поддержке Министерства образования и науки Мурманской области в рамках Соглашения №111.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

Дуайер Д.Ф. Расширение защиты пернатых хищников за счет предотвращения столкновений и управления электроподстанциями // Пернатые хищники и их охрана. 2023. Спецвып. 2. С. 411–412. DOI: 10.19074/1814-8654-2023-2-411-412.

Жигульский В.А., Шуйский В.Ф., Чебыкина Е.Ю., Федоров В.А., Паничев В.В., Успенский А.А., Жигульская Д.В., Былина Т.С., Булышева М.М., Булышева А.М. Плавни Невской губы. СПб.: Реноме, 2020. 304 с.

Иовченко Н.П. Роль Комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений в сохранении биоразнообразия и редких видов птиц Балтийского региона // Русский Орнитологический Журнал. 2012. 21(825). С. 3125–3139.

Иовченко Н.П. Мониторинг формирования орнитофауны и состояния редких видов птиц на комплексе защитных сооружений г. Санкт-Петербурга (Предварительные результаты 2012–2016 гг.) // Осипова Д.В., Власов Д.Ю. (ред.) Природные и культурные ресурсы в экосистемах Петергофа: [моногр.]. СПб.: Изд-во ВВМ, 2016. С. 37–60.

Коузов С.А., Шилин М.Б., Чусов А.Н. Разнообразие и уязвимость орнитофауны в районе морского газопровода «Нордстрим» // Ученые записки РГТМУ. 2013. № 31. С. 120–137.

Онгарбаев Н.Х. Предложения по законодательному решению проблем гибели птиц на воздушных линиях электропередач в Казахстане // Пернатые хищники и их охрана. 2023. Спецвып. 2. С. 419–424. DOI: 10.19074/1814-8654-2023-2-395-399.

Панов И.А. Эко-НИОКР – 18 лет для охраны птиц на объектах электросетевого комплекса России // Пернатые хищники и их охрана. 2023. Спецвып. 2. С. 419–424. DOI: 10.19074/1814-8654-2023-2-419-424.

Равкин Е.С., Челинцев Н.Г. Методологические рекомендации по комплексному учету птиц. М.: Изд. ВНИИ Природа, 1990. 93 с.

Сагитов Р.А., Шилин М.Б. На суше и на море // Мировая энергетика. 2007. № 11 (47). С. 33–34.

Федоров М.П., Шилин М.Б., Клейков Е.Ю., Лукьянов С.В. Контроль экологической безопасности фарватеров крупнотоннажных танкеров в Арктике // Освоение шельфа арктических морей России: док. 3 Междунар. конф. СПб.: ЦНИИ им. А.Н. Крылова, 1997. С. 459–460.

Федоров М.П., Шилин М.Б., Горбунов Н.Е. Экологические основы управления природно-техническими системами. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2007. 506 с.

Федоров М.П., Жигульский В.А., Чусов А.Н., Шилин М.Б. Экология для гидротехников. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2023. 214 с.

Цитцер В.В., Андреев О.Б. Птицезащитные устройства для воздушных ЛЭП и подстанций – проблемы мониторинга и оценки эффективности птицезащитных мероприятий // Пернатые хищники и их охрана. 2023. Спецвып. 2. С. 413–418. DOI: 10.19074/1814-8654-2023-2-413-418.

Шилин М.Б., Лебедева О.В., Коузов С.А., Башкина Г.И. Состояние орнитофауны на трассе «Северного потока»: проявляется ли воздействие морского газопровода // Гидротехника. 2013. 1(30). С. 4–8.

Шилин М.Б., Меньшакова М.Ю., Гайнанова Р.И., Леднова Ю.А., Румянцева Е.А. Водно-болотная орнитофауна береговой зоны Кольского залива Баренцева моря в районе крупного техногенного объекта – моста через Кольский залив // Моря России: вызовы отечественной науки : тез. докл. Всерос. науч. конф. (26–30 сентября 2022, Севастополь), 2022. С. 368–369.

Шнайдер Е.П., Николенко Э.Г., Карякин И.В. Гибель птиц на ЛЭП в Республике Хакасия (Россия) в 2020 г. // Пернатые хищники и их охрана. 2020. 41. С. 26–63.

Branoff B., Cerqueira M.C. The Role of Urbanness, Vegetation Structure, and Scale in Shaping Puerto Rico's Acoustically Active Mangrove Fauna Communities, July 2021 // *Frontiers in Marine Science* 8: 670288, DOI: 10.3389/fmars.2021.670288.

Collins Bird Guide, The Most Complete Guide to the Birds of Britain and Europe. 2-nd ed. Milano, Graphicom, 2006. 400 p.

Dean W.R.J., Seymour C.L., Joseph G.S. Linear structures in the Karoo, South Africa, and their impacts on biota // *African Journal of Range & Forage Science*. 2018. Vol. 35, iss. 3–4. P. 223–232. DOI: 10.2989/10220119.2018.1514530.

Dean W.R.J., Milton S.J. Directed dispersal of *Opuntia* species in the Karoo, South Africa: are crows the responsible agents? // *Journal of Arid Environments*. 2000. 45 (4). P. 305–314. DOI: 10.1006/jare.2000.0652.

Dwyer J.F., Dalla Rosa J.P. Use of Anthropogenic Nest Substrates by Crested Caracaras // *Southeastern Naturalist*. 2015. 14(1). N10-N15, DOI: 10.1656/058.014.0105.

Frantzen B., Guenther M., Potorochin E., Solntseva Y., Dylyuk S., Ganusevich S., Krasnova E., Maeland A., Hauge E., Horn K.-S., Barret R., Kaljakin M., Ezhov A., Vishnevskiy E., Gaynanova R., Polikarpova N., Tolmacheva E., Shutova E. Birding across the border. SPb., 2020. 140 p.

Havlin J. On the importance of railway lines for the life of avifauna in agrocoenoses // *Folia Zoologica*. 1987. Vol. 364. P. 345–358.

Iovchenko N.P. The Saint Petersburg Flood Protection Barrier as new habitats for biodiversity and rare bird species conservation in the Gulf of Finland // Thesis Collection: XVI International Environmental Forum «Baltic Sea Day» (18–20 March 2015, St.Petersburg). 2015. P. 266–268.

Kolnegari M., Hazrati M., V. K. Tehrani V.K., Dwyer J.F. Crowd-sourced reporting of birds nesting on power lines in Iran // *Wildlife Society Bulletin*. 2022. Vol. 46, iss. 4, e1336, DOI: <https://doi.org/10.1002/wsb.1336>.

Malo J.E., García de la Morena E.L., Hervás I., Cristina Mata C., Herranz J. Cross-scale changes in bird behavior around a high speed railway: from landscape occupation to infrastructure use and collision risk // Borda-de-Água L., Barrientos R., Beja P., Pereira H.M. (eds), *Railway ecology*. Cham: Springer Nature. 2017. P 117–134. DOI: 10.1007/978-3-319-57496-7_8.

Morelli F., Beim M., Jerzak L., Jones D., Tryjanowski P. 2014. Can roads, railways and related structures have positive effects on birds? // *Transportation Research. Part D*. 30. P. 21–31. DOI: 10.1016/j.trd.2014.05.006.

Múrias T., Gonçalves D., Lopes R.J. Evaluating the impacts of a new railway on shorebirds: a case study in central Portugal (Aveiro Lagoon) // *Railway ecology* / eds. L. Borda-de-Água, R. Barrientos, P. Beja, H.M. Pereira. Cham: Springer Nature, 2017. Chapter 12. P. 197–214. DOI: 10.1007/978-3-319-57496-7_12.

Shilin M., Abramov V., Zhigulsky V., Ershova A. Geo-ecological support of optimization for the route of the Nordstream-2 marine gas pipeline // 18th Int. Multidiscip. Sc. GeoConference SGEM 2018, Varna, Bulgaria. P. 423–430.

Shilin M., Chusov A., Lednova J., Kouzov S. Variety and vulnerability of water-bird community in the eastern part of the Gulf of Finland in the zone of «Nordstream» gas pipeline // *Baltic Int. Symposium (BALTIC) 2014 IEEE/OES*, Tallinn. DOI: 10.1109/BALTIC.2014.6887863. P. 1–6.

Svensson L. *Collins Bird Guide*. Harper Collins (UK), 2009. 416 p.

White C.M., and D.A. Boyce. 1986. Notes on Mountain Caracara (*Phalcoboenus megalopterus*) in the Argentine puna. *Wilson Bulletin* 99. P. 283–284.

References

Duajer D.F. Rasshirenije zashity pernatykh hishnikov za schet predotvrasheniya stolknovenij i upravljeniia elektropodstanzijami. *Pernatye hishniki i ih ohrana*, 2023, specvyp. 2, pp. 411–412. DOI: 10.19074/1814-8654-2023-2-411-412. (In Russ.)

Branoff B., Cerqueira M.C. The Role of Urbanness, Vegetation Structure, and Scale in Shaping Puerto Rico's Acoustically Active Mangrove Fauna Communities, July 2021. *Frontiers in Marine Science*, 8: 670288, DOI: 10.3389/fmars.2021.670288.

Citcer V.V., Andreev O.B. Pticezashitnye ustrojstva dliz vozgysnykh LEP i podstanzij – problema monitoringa i ocenki effektivnosti pticezashitnykh meroprijatij. *Pernatye hishniki i ih ohrana*, specvyp. 2, 2023, pp. 413–418. DOI: 10.19074/1814-8654-2023-2-413-418. (In Russ.)

Collins Bird Guide, The Most Complete Guide to the Birds of Britain and Europe. 2-nd ed. Milano, Graphicom, 2006. 400 p.

Dean W.R.J., Milton S.J. Directed dispersal of *Opuntia* species in the Karoo, South Africa: are crows the responsible agents? *Journal of Arid Environments*, 2000, 45 (4), pp. 305–314. DOI: 10.1006/jare.2000.0652.

Dean W.R.J., Seymour C.L., Joseph G.S. Linear structures in the Karoo, South Africa, and their impacts on biota. *African Journal of Range & Forage Science*, 2018, vol. 35, iss. 3–4, pp. 223–232. DOI: 10.2989/10220119.2018.1514530.

Dwyer J.F., Dalla Rosa J.P. Use of Anthropogenic Nest Substrates by Crested Caracaras. *Southeastern Naturalist*, 2015, 14(1), N10-N15. DOI: 10.1656/058.014.0105.

Fedorov M.P., Shilin M.B., Gorbunov N.E. *Ekologicheskie osnovy upravleniya prirodno-technicheskimi sistemami*. SPb.: Izd-vo Polytechn. un-ty, 2007. 506 p. (In Russ.)

Fedorov M.P., Zhigulsky V.A., Chusov A.N., Shilin M.B. Ekologija dlja gidrotehnikov. SPb.: Polytechnical university, 2023. 214 p. (In Russ.)

Fedorov M.P., Shilin M.B., Kluikov Ye.Yu., Lukjanov S.V. Kontrol ekologicheskoy bezopasnosti farvaterov krupnotonnazhnykh tankerov v Arctice. *Osvoenie shelfa arkticheskikh morej Rosii* : dok. 3 Mezhdunar. konf. SPb.: ZNII A.N. Krylova, 1997, pp. 459–460. (In Russ.)

Frantzen B., Guenther M., Potorochin E., Solntseva Y., Dylyuk S., Ganusevich S., Krasnova E., Maeland A., Hauge E., Horn K.-S., Barret R., Kaljakin M., Ezhov A., Vishnevskiy E., Gaynanova R., Polikarpova N., Tolmacheva E., Shutova E. Birding across the border. SPb., 2020. 140 p.

Havlin J. On the importance of railway lines for the life of avifauna in agrocoenoses. *Folia Zoologica*, 1987, vol. 364, pp. 345–358.

Iovchenko N.P. Monitoring formirovaniya ornithofauny i sostojaniya redkikh vidov ptiz na Komplekse zashitnykh sooruzhenij Sankt-Peterburga ot navodnenij. *Prirodnye i kulturnye resursy v ecosystemakh Petergofa* / red. D.V. Osipov, D.Ju. Vlasov. SPb.: BBM, 2016, pp. 37–60. (In Russ.)

Iovchenko N.P. Rolj Kompleksa zashitnykh sooruzhenij Sankt-Peterburga ot navodnenij v sokhranenii bioraznootvrazija i redkikh vidov ptiz Baltijskogo regiona. *Rus. Ornithol zhurnal*, 2012, vol. 21, no. 825, pp. 3125–3139. (In Russ.)

Iovchenko N.P. The Saint Petersburg Flood Protection Barrier as new habitats for biodiversity and rare bird species conservation in the Gulf of Finland. *Thesis Collection: XVI International Environmental Forum «Baltic Sea Day»* (18–20 March 2015, St. Petersburg), 2015, pp. 266–268.

Kolnegari M., Hazrati M., Tehrani V.K., Dwyer J.F. Crowd-sourced reporting of birds nesting on power lines in Iran. *Wildlife Society Bulletin*, 2022, vol. 46, iss. 4, e1336. DOI: <https://doi.org/10.1002/wsb.1336>.

Kouzov S.A., Shilin M.B., Chusov A.N. Raznoobrazie i ujazvimostj ornitofauny v rajone morskogo gazoprovoda «Nordstrim». *Uchenye zapiski RGGMU*, 2013, no. 31, pp. 120–137. (In Russ.)

Malo J.E., Garcia de la Morena E.L., Hervás I., Cristina Mata C., Herranz J. 2017. Cross-scale changes in bird behavior around a high speed railway: from landscape occupation to infrastructure use and collision risk. In: Borda-de-Água L., Barrientos R., Beja P., Pereira H.M. (eds), *Railway ecology*. Cham: Springer Nature. pp 117–134. DOI: 10.1007/978-3-319-57496-7_8.

Morelli F., Beim M., Jerzak L., Jones D., Tryjanowski P. 2014. Can roads, railways and related structures have positive effects on birds? – A review. *Transportation Research Part D* 30: 21–31. DOI: 10.1016/j.trd.2014.05.006.

Múrias T., Gonçalves D., Lopes R.J. Evaluating the impacts of a new railway on shorebirds: a case study in central Portugal (Aveiro Lagoon). *Railway ecology* / eds. L. Borda-de-Água, R. Barrientos, P. Beja, H.M. Pereira. Cham: Springer Nature, 2017, chapter 12, pp. 197–214. DOI: 10.1007/978-3-319-57496-7_12

Panov I.A. Eco-NIOKR – 18 let dlja ohrany ptiz na objectah elektrosetevogo kompleksa Rossii. *Pernatye hishniki i ih ohrana*, specvyp. 2, 2023, pp. 419–424. DOI: 10.190 74/ 1814-8654-2023-2-419-424. (In Russ.)

Ravkin E.S., Chelintsev N.G. Methodicheskie rekomendazii po kompleksnomu marshrutnomu uchetu ptiz. M.: Izd. VNII Priroda, 1990. 93 p. (In Russ.)

Sagitov R.A., Shilin M.B. Na sushe i na more. *Mirovaja energetika*, 2007, no. 11 (47), pp. 33–34. (In Russ.)

Shilin M., Abramov V., Zhigulsky V., Ershova A. Geo-ecological support of optimization for the route of the Nordstream-2 marine gas pipeline. *18th Int. Multidiscip. Sc. GeoConference SGEM 2018*, Varna, Bulgaria, pp. 423–430.

Shilin M., Chusov A., Lednova J., Kouzov S. Variety and vulnerability of waterbird community in the eastern part of the Gulf of Finland in the zone of «Nordstream» gas pipeline. *Baltic Int. Symposium (BALTIC) 2014 IEEE/OES*, Tallinn. DOI: 10.1109/BALTIC.2014.6887863, pp. 1–6.

Shilin M., Chusov A., Lednova J., Kouzov S. Variety and vulnerability of waterbird community in the eastern part of the Gulf of Finland in the zone of «Nordstream» gas pipeline. *Baltic Int. Symposium (BALTIC)*, 2014 IEEE/OES, Tallinn. DOI: 10.1109/BALTIC.2014.6887863, pp. 1–6.

Shilin M.B., Lebedeva O.V., Kouzov S.A., Bashkina G.I. Sostojanie ornitofauny na trasе «Severnogo potoka»: projavljaetsja li vozdejstvie morskogo gazoprovoda. *Gidrotehnika*, 2013, 1(30), pp. 4–8. (In Russ.)

Shilin M.B., Menshakova M.Ju., Gajnanova R.I., Lednova Ju.A., Rumjantseva E.A. Vodno-bolotnaja ornitofauna beregovoj zony Kolskogo zaliva Barentseva morja v rajone krupnogo technogennogo objecta – mosta cherez Kolskij zaliv. *Morja Rossii: vyzovy otechestvennoj nauki : tezisy dokladov Vserossijskoj nauchnoj konferenzii (26–30 sentjabrja 2022, Sevastopol)*, 2022, pp. 368–369. (In Russ.)

Shnajder E.P., Nikolenko E.G., Karjakin I.V. Gibel ptic na LEP v Respublike Hakasija (Rossia) v 2020 g. *Pernatye hishniki i ih ohrana*, 2020, 41, pp. 26–63 (In Russ.)

Svensson L. Collins Bird Guide. Harper Collins (UK), 2009. 416 p.

White C.M., Boyce D.A. Notes on Mountain Caracara (*Phalcoboenus megalopterus*) in the Argentine puna. *Wilson Bulletin*, 1986, 99, pp. 283–284.

Zhigulsky V.A., Shuisky V.F., Chebykina E.Yu., Fedorov V.A., Panichev V.V., Uspenskiy A.A., Zhigulskaya D.V., Bylina T.S., Bulysheva M.M., Bulysheva A.M. Macrophyte thicket ecosystems of the Neva Bay. St. Petersburg: Renome, 2020. 304 p. (In Russ.)

Ongarbaev N.H. Predlozhenija po zakonodatelnomy resheniju problem gibeli ptiz na vozdushnyh liniyah elektroperedach v Kazachstane. *Pernatye hishniki i ih ohrana*, 2023, specvyp. 2, pp. 395–399. DOI: 10.190 74/ 1814-8654-2023-2-395-399. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию 01.06.2023

Шилин М.Б., Леднова Ю.А., Меньшакова М.Ю., Гайнанова Р.И., Румянцева Е.А. Взаимодействие птиц с линейными техническими объектами // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2024. Вып. 247. С. 154–172. DOI: 10.21266/2079-4304.2024.247.154-172

По результатам анализа опыта наилучшей международной практики и собственных наблюдений рассмотрено взаимодействие птиц с линейными техническими объектами: железными и автомобильными дорогами, мостами, линиями электропередач, гидротехническими сооружениями, изгородями и ограждающими конструкциями, искусственно высаженной растительностью, а также с элементами сопутствующей инфраструктуры (телефонные и телеграфные столбы, элементы освещения и т. п.). Выявлены факторы положительного и негативного воздействия линейных техногенных объектов на орнитофауну. Показано, что проанализированные виды воздействия линейных техногенных объектов на орнитофауну должны рассматриваться в совокупности, на основе системного подхода как и сами линейные объекты, представляющие собой комплекс собственно линейного объекта и сопутствующей инфраструктуры.

Ключевые слова: орнитофауна, положительные и негативные воздействия, линейные техносферные объекты.

Shilin M.B., Lednova J.A., Menshakova M.J., Gaynanova R.I., Rumjantseva E.A. Interaction between birds and technical linear structures. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehnickeskoj Akademii*, 2024, iss. 247, pp. 154–172 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2024.247.154-172

On the base of analysis of the best international practice and original observations the influence of different linear technogenic objects on birds is evaluated – such as railways and roads, bridges, power lines, hydraulic structures, fences and barriers, artificially planted vegetation, as well as elements of accompanying infrastructure (telephone and telegraph poles, lighting elements, etc.). Factors of positive and negative effects of the linear technogenic objects on the ornithofauna are revealed. It is shown that the anthropogenic effects on ornithofauna should be estimated as a complex, on the base of the system approach – as well as the linear objects themselves, which represent a complex consisting of the linear object proper and accompanying infrastructure.

Keywords: ornithofauna, positive and negative effects, linear technosphaeric objects.

ШИЛИН Михаил Борисович – ведущий научный сотрудник ФГБОУ ВО «МАУ», профессор, доктор географических наук, кандидат биологических наук. SPIN-код: 1926-8802. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4901-1996>.

183038, ул. Капитана Егорова, д. 15, г. Мурманск, Россия. E-mail: Shilin@rshu.ru

SHILIN Mikhail B. – DSc (Geographical), PhD (Biological), leading scientific fellow at the Murmansk Arctic University (MAU), professor. SPIN-cod: 1926-8802. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4901-1996>.

183038. Kapitana Egorova str. 15. Murmansk. Russia. E-mail: Shilin@rshu.ru

ЛЕДНОВА Юлия Анатольевна – старший научный сотрудник ФГБОУ ВО «МАУ», кандидат географических наук. SPIN-код: 8972-9814. ORCID: 0000-0003-2051-1994.

183038, ул. Капитана Егорова, д. 15, г. Мурманск, Россия. E-mail: lednovajulia@mail.ru

LEDNOVA Julia A. – PhD (Geographical), senior researcher of the Murmansk Arctic University (MAU). SPIN-cod: 8972-9814. ORCID: 0000-0003-2051-1994.

183038. Kapitana Egorova str. 15. Murmansk. Russia. E-mail: lednovajulia@mail.ru

МЕНШАКОВА Мария Юрьевна – заведующая научно-исследовательской лаборатории «Мониторинг и сохранение природных экосистем Арктики» ФГБОУ ВО «МАУ», доцент, кандидат биологических наук. SPIN-код: 7907-5679. ORCID: 0000-0003-0441-668X.

183038, ул. Капитана Егорова, д. 15, г. Мурманск, Россия. E-mail: dendrobium@yandex.ru

MENSHAKOVA Maria Ju. – PhD (Biological), head of the Laboratory «Monitoring and preservation of natural ecosystems of the Arctic» of the Murmansk Arctic University (MAU). SPIN-cod: 7907-5679. ORCID: 0000-0003-0441-668X.

183038. Kapitana Egorova str. 15. Murmansk. Russia. E-mail: dendrobium@yandex.ru

ГАЙНАНОВА Рамзия Ильшотовна – научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории «Мониторинг и сохранение природных экосистем Арктики» ФГБОУ ВО «МАУ». SPIN-код: 4983-2012. ORCID: 0000-0002-4088-7246.

183038, ул. Капитана Егорова, д. 15, г. Мурманск, Россия. E-mail: gaynanova@mail.ru

GAYNANOVA Ramzija I. – research fellow at the Laboratory «Monitoring and preservation of of the Murmansk Arctic University (MAU)». SPIN-cod: 4983-2012. ORCID: 0000-0002-4088-7246.

183038. Kapitana Egorova str. 15. Murmansk. Russia. E-mail: gaynanova@mail.ru

РУМЯНЦЕВА Екатерина Александровна – старший научный сотрудник ФГБОУ ВО «МАУ», кандидат физико-математических наук. SPIN-код: 3753-2246. ORCID: 0000-0003-2916-3092.

183038, ул. Капитана Егорова, д. 15, г. Мурманск, Россия. E-mail: rumkate@rambler.ru

RUMIANTCEVA Ekaterina A. – PhD (Physical and Mathematical Sciences), senior researcher of the Murmansk Arctic University (MAU). SPIN-cod: 3753-2246. ORCID: 0000-0003-2916-3092

183038. Kapitana Egorova str. 15. Murmansk. Russia. E-mail: rumkate@rambler.ru