

РАЗДЕЛ II ЭКОЛОГИЯ. БИОРАЗНООБРАЗИЕ [ECOLOGY. BIODIVERSITY]

УДК: 598.2: 574.21, 574.24 (571.52)
DOI: 10.24412/2658-4441-2021-3-19-24

В.И. ЗАБЕЛИН

Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН (Кызыл, Россия)

ПТИЦЫ КАК БИОИНДИКАТОРЫ ПРИ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ В ТУВЕ

Птицы, представляющие собой важнейший компонент биоразнообразия, активно реагируют на изменения природной среды. В связи с этим оценка состояния орнитофауны служит достаточно надёжным методом биоиндикации сохранности природных комплексов. Проведёнными геоэкологическими исследованиями показаны реакции птиц на действие антропогенных факторов в Туве, в частности отношение пернатых к местообитаниям, подвергшимся интенсивному зимнему загрязнению атмосферы в г. Кызыле, накоплению мышьяковых соединений в окружающей среде в окрестностях арсенидно-кобальтового месторождения Хову-Аксы и полному уничтожению пойменных биоценозов при формировании Саяно-Шушенского водохранилища.

Ключевые слова: орнитофауна, антропогенные факторы, геоэкологические исследования, состояние геоэкосистем.

Библ. 8 назв. С. 19–24.

V.I. ZABELIN

Tuvinian Institute for Exploration of Natural Resources of SB RAS (Kyzyl, Russia)

BIRDS AS BIOINDICATORS IN GEOECOLOGICAL RESEARCH IN TUVA

Birds are the most important component of biodiversity, they actively respond to the changes in the natural environment. In this regard, the assessment of the state of the avifauna serves as a fairly reliable method for bioindication of the safety of natural complexes. The carried out geoecological studies have shown the reactions of birds to the action of anthropogenic factors in Tuva, particularly the attitude of birds to the place of living subjected to intense winter pollution of the atmosphere in Kyzyl, as well as the accumulation of arsenic compounds in the environment in the surrounding territory of the Khovu-Aksy arsenide-cobalt deposit and the complete destruction of floodplain biocenoses during the formation of the Sayano-Shushensky reservoir.

Keywords: avifauna, anthropogenic factors, geoecological research, state of geoecosystems.

References 8. P. 19–24.

Изучение птиц, составляющее собой науку орнитологию, во все времена развития биологии шло впереди остального её зоологического направления. Большинство современных биологических представлений было первоначально разработано на птицах.

К ним относятся, напр., проблемы происхождения, эволюции, морфологии и филогении, истории фаун, системы зоогеографического районирования суши, этологии, эмбриогенеза, жизненной стратегии видов, биоэнергетики, миграции, фаунистики, таксономии, места и роли в функционировании биосферы. Важное практическое значение приобретают вопросы охраны птиц как представителей всей группы высших позвоночных в природе и такие направления как медицинская орнитология и экотоксикология, связанные с загрязнением окружающей среды. На птицах достаточно полно изучены процессы расселения и синантропизации, а также трансформация населения птиц в связи с изменением климата и антропогенным воздействием. Разнообразие видов и обилие особей, населяющих определённые местообитания, относительная простота видовой идентификации и сравнительная толерантность пернатых открывают возможность использования птиц в качестве индикаторов состояния среды, наиболее наглядно и быстро реагирующих на неблагоприятные факторы, привносимые человеком и изменениями климата в природу.

Оценка состояния орнитофауны наряду с другими геоэкологическими методами зачастую служит надёжным способом биоиндикации сохранности природных объектов. При этом особую значимость приобретает изучение зависимости фауны птиц от состояния окружающей среды в историческом и пространственном аспектах, когда всё большее влияние приобретают антропогенные и климатические факторы не только на исследуемой территории, но и в соседних регионах и даже в удалённых странах, посещаемых птицами в периоды сезонных миграций и зимовок. И, чем длиннее обозреваемый период, тем надёжнее можно проследить динамику изменения орнитофауны и выявить ход естественных процессов в ненарушенных ландшафтах, появление в них признаков антропогенного, климатического и другого влияния и поэтапного увеличения воздействия на состояние окружающей среды. В частности, антропогенный фактор, оказывающий наиболее глубокое и решающее воздействие на орнитофауну, обуславливает резкое сокращение численности крупноразмерных видов (дроф, гусей, глухарей, дневных хищных и др.), но за счёт адаптации к изменяющимся условиям и экологической пластичности — увеличение в условиях культурного ландшафта числа синантропных видов. Изменения природной среды и трансформации орнитофауны сложно связаны между собой и должны анализироваться совместно, при этом рекомендуется использовать не только отдельные виды, но и их сообщества (Неверова, Еремеева, 2006).

Оценка состояния окружающей среды проводится на основе экологического мониторинга, включающего в себя комплексную систему регулярных наблюдений, оценки и прогноза изменений среды, в т. ч. с привлечением организмов-индикаторов, которыми, кроме птиц, могут служить также некоторые растения, водные и наземные беспозвоночные и др. Качество природного объекта оценивается как покомпонентно, так и суммировано для экосистемы в целом. При этом предпочтение отдаётся интегрированной оценке как более полной. Ранжирование экологического состояния объектов или территорий производится подразделением их на ряд категорий. Рациональной можно считать шестиранговую оценочную шкалу (Потапенко, 1999, с. 53 (с дополнениями автора статьи):

- естественное состояние, неизменённое антропогенной деятельностью и глобальными климатическими переменами; все компоненты стабильны;
- равновесное, относительно благополучное состояние, когда скорость восстановительных процессов выше или близка к темпам антропогенных и других нарушений; компоненты слабо изменены;
- напряжённое состояние, создающее экологические риски, когда темпы самовосстановления природы отстают от скорости нарушений; к примеру: заметно изменяются элементы почвенного покрова, состав и структура биоразнообразия;
- критическое состояние, при котором происходит обратимая замена прежде существовавших экологических систем на менее продуктивные, напр., существенная деградация пастбищ, сплошные рубки лесов, затопление или частичное

опустынивание, изменение режима и состава грунтовых вод, существенное изменение биоразнообразия;

- кризисное состояние, формирующее зону чрезвычайной экологической ситуации с устойчивыми отрицательными изменениями в природной среде, угрожающие здоровью населения, состоянию экосистем и генетических фондов растений и животных;
- катастрофическое состояние (зона экологического бедствия) с глубокими необратимыми изменениями окружающей природной среды, существенным ухудшением здоровья населения, разрушением экосистем, деградацией флоры и фауны.

Подобное ранжирование позволяет объективно и полно характеризовать состояние окружающей среды, прогнозировать дальнейшее развитие изменений и на их основе принимать необходимые хозяйственные решения.

Исследованием орнитофауны как индикатора состояния окружающей среды в Туве оценено влияние разработки месторождений угля, золота, цветных металлов, сооружение и функционирование Саяно-Шушенского водохранилища, загрязнения водного и воздушного бассейнов, бытовой деятельности населения и др. Полевые наблюдения при этом свелись к фиксации в окружающей среде наличия особи или определённого числа особей вида птиц (или отсутствия такового, ранее отмечавшегося), особенностей его поведения, толерантности (антропофильности, изменении дистанции испугивания), изменения окраски (в связи с возможным загрязнением), питания, установлению фактов отравления, заболевания, гибели, увеличение пресса хищников, конкурентных отношений с другими видами и т. п. Приведём несколько типичных примеров использования птиц в качестве индикаторов экологического состояния ряда объектов Тувы.

1. Загрязнение воздушного бассейна г. Кызыла, где с наступлением холодного периода жилые дома и производственные помещения отапливаются за счёт сгорания каменного угля на ТЭЦ, в котельных и в печах частных домов. При этом в связи с установлением в зимнее время антициклонической безветренной погоды в условиях замкнутой котловины, происходит опасное накопление загрязняющих веществ, и количество сажи достигает катастрофических величин: 1,08–3,9 ПДК (Куликова, Балакина, 2010). По наблюдениям последних 50–60 лет уже в ноябре у зимующих в городе птиц (домовых и полевых воробьёв, больших синиц, домашних голубей) наблюдается заметное загрязнение оперения сажей, к январю его светлые участки не просматриваются вовсе, а к концу зимы птицы целиком приобретают однообразную тёмно-серую окраску, затрудняющую идентификацию вида. Загрязнение оперения уменьшает его теплозащитные свойства, что в большие морозы зачастую приводит к гибели птиц. К началу лета, за счёт линьки и чистки оперения, пережившие зиму особи приобретают свой прежний обычный наряд и приступают к гнездованию, однако ближние и дальние последствия произошедшего загрязнения остаются неизученными. В описанной ситуации остающиеся на зиму птицы являются чёткими индикаторами загрязнения городской среды продуктами сжигания не пригодного для отопления угля, создающими близкую к критической обстановку, в значительной мере ухудшающую здоровье населения и состояние биоты. Решительные и срочные меры по организации производства экологически чистого топлива в процессе комплексной переработки каменных углей Тувы и его использования во всех населённых пунктах должны послужить основой охраны природы и укрепления здоровья населения республики.
2. Птицы как индикаторы состояния окружающей среды в районе деятельности бывшего горно-обогатительного комбината «Тувакобальт» изучались в 1965–2000 гг. Особенностью этого участка является высокая концентрация мышьяка в рудах разрабатываемого ранее месторождения Хову-Аксы, а также в почвах, солевых и водных потоках рассеяния и, преимущественно, в отходах переработки

кобальт-никель-мышьяковых руд, где она составляет около 3 %. Значительная часть мышьяка, находящегося в хранилищах, представлена формой As (III), которая образует с водой высокотоксичные соединения; в частности, в лужах на поверхности хранилищ концентрация мышьяка достигала 29,5 мг/л, что равноценно 500 ПДК. Отходы складированы в виде прудовых карт захоронения, две из которых рекультивированы с поверхности засыпкой грунтом и закладкой дёрна. Но даже они представляют большую опасность для позвоночных животных. В частности здесь отмечено до десятка находок погибших птиц (саджа *Syrhaptus paradoxus* Pall., рогатый жаворонок *Eremophila alpestris* Brand., красноухая овсянка *Emberiza cioides* Brand. и др.), которые, по всей вероятности, отравились соединениями мышьяка, накопившимися в растениях (в побегах, семенах и т. п.). Вода в углублениях поверхности рекультивированных карт представляла большую опасность для пасущегося поблизости домашнего скота, поскольку из-за отсутствия других водных источников животные устремлялись сюда на водопой и через несколько дней погибали от отравления. Жителями пос. Хову-Аксы было потеряно здесь несколько десятков голов крупного рогатого скота. Таким образом, погибшие птицы и домашние животные явились яркими индикаторами катастрофического экологического состояния участка хранения мышьяксодержащих отходов. Эта, по своей сути зона экологического бедствия, требует принятия срочных мер по полной и тщательной рекультивации поверхности всех шести карт захоронения и траншейных хранилищ.

3. В период работы комбината «Тувакобальт» неоднократно случались сбросы мышьяковых соединений в расположенную поблизости р. Элегест и это вызывало массовую гибель гидробионтов, что, в свою очередь привело к исчезновению из экосистемы реки ниже по течению ряда околородных птиц-индикаторов, в частности, маскированной трясогузки *Motacilla personata* Gould, горной трясогузки *Motacilla cinerea* Tunst., оляпки *Cinclus cinclus* L., перевозчика *Actitis hypoleucos* L. и др. Происшедшие наряду с гибелью рыбы события служили показателем изменения среды их обитания в сторону неблагоприятия (Забелин, 2015). Описанная ситуация соответствовала критическому состоянию экосистемы с существенным уменьшением биоразнообразия. В дальнейшем долина реки вблизи ГОК «Тувакобальт» не стала зоной экологического бедствия лишь по той причине, что значительным по объёму (около 50 м³/сек.) и скорости (около 1–1,5 м/сек.) водным потоком р. Элегест продукты катастрофического сброса были смыты и унесены вниз по течению, где в конечном итоге они попали в р. Енисей и далее в Саяно-Шушенское водохранилище. Для того чтобы в дальнейшем избежать сброс мышьяксодержащих соединений в речные экосистемы, необходимо в первую очередь устранить возможность их утечек из хвостохранилищ, что станет возможным при восстановлении работы ГОК «Тувакобальт» для отработки оставшихся запасов ценных комплексных руд месторождения Хову-Аксы и утилизации отходов их переработки.
4. Индикатором трансформации экосистемы долины р. Верхний Енисей при создании Саяно-Шушенского водохранилища явилась фауна птиц, изученная как до его формирования в 1960 и 1970 гг., так и после его заполнения (начавшегося с 1979 г.) в 2001–2009 гг. Затоплению территории поймы, протяжённостью 52 км на площади около 262 км² (Тувинский плёс) предшествовала вырубка высокоствольного тополёвого леса с богатым подлеском из черёмухи, смородины, облепихи. Эта часть поймы шириной до 4–5 км изобиловала множеством протоков, стариц, островов и среди местного населения славилась богатыми покосами, хорошей рыбалкой и обильными ягодниками. Академик П.П. Сушкин, посетивший эти места в августе 1902 г., пойменную урёму по плотности населения птиц и ненарушенности её человеком посчитал богатейшим местонахождением пернатых в Туве. Здесь он наблюдал порядка 100 видов птиц, в т. ч. ставшими ныне редкими и очень редкими, такими как орлан-долгохвост *Haliaeetus leucoryphus* Pallas, орлан-

белохвост *Haliaeetus albicilla* L., большой подорлик *Aquila clanga* Pallas, чёрный аист *Ciconia nigra* L., дрофа *Otis tarda* L., обитавшими на лугах, вдающихся в пойменный лес и др. (Сушкин, 1914). Исследованиями А.И. Янушевича в пятидесятых годах прошлого века этот список был увеличен ещё на десяток видов (Янушевич, 1952). К сожалению, с началом вырубki пойменного леса и затопления территории, богатый орнитокомплекс быстро оскудел и в течение двух-трёх лет практически прекратил своё существование. Первыми индикаторами деградации пойменной экосистемы стали исчезающие хищные и другие антропофобные птицы, а вслед за ними также обитатели подлеска и кустарников. Исчезло практически всё население венценосного ремеза *Remiz coronatus* (Severts.), составлявшего большую часть популяции вида в Туве. Из некогда гнездящихся птиц речного комплекса редкими пролётными или залётными стали серый гусь *Anser anser* L., сухонос *Anser cygnoides* L., гуменник *Anser fabalis middendorffi* Severts, большой улит *Tringa nebularia* (Gunner.) и др. После создания водохранилища обеднённое по сравнению с прежним видовое многообразие птиц сохранилось только в условиях слабонарушенных ландшафтов поймы реки выше уровня максимального заполнения водоёма.

Особенностью Саяно-Шушенского водохранилища на территории Тувы является полное осушение его ложа в процессе сработки уровня воды на ГЭС в период с ноября по апрель с последующим постепенным наполнением с июня по октябрь (Кальная, Аюнова, 2010). Подобное годичное регулирование поступающего стока не позволяет сформироваться водно-прибрежной экосистеме, а западная (нижняя) часть ложа в апреле-мае до прихода воды становится настоящей пустыней, покрытой перевеваемыми весенними бурями песками. Индикаторами крайней деградации и неблагоприятия среды на этом участке является почти полное отсутствие птиц за исключением саджи *Syrrhaptes paradoxus* Pallas и малого зуйка *Charadrius dubius* Scop., которые порой проявляют гнездовое поведение, но их кладки, заливаемые поступающей водой, вскоре погибают. Индикатором относительного благополучия природных условий средней части обнажённого ложа водоёма является полевой жаворонок *Alauda arvensis* L., обычно успевающий до прихода воды вырастить потомство из первой кладки в условиях разреженного травяного покрова. Восточная (верхняя) часть ложа, заливаемая не каждый год, наиболее близка к условиям мелководья и пойменным лугам с соответствующей довольно богатой фауной птиц водно-болотного и прибрежного комплексов, особенно многочисленной в период позднелетних кочёвок и осенних миграций (до 36 видов с плотностью до 1342,4 особи на 10 км береговой линии) (Забелин, Арчимаева, 2010). Проведённые экологические и орнитологические исследования с использованием птиц-индикаторов свидетельствуют о возникновении на участке искусственного водоёма зоны чрезвычайной экологической ситуации с длительными отрицательными изменениями природной среды. Существовавшие прежде местообитания оказались полностью разрушенными, а смена годового водного режима водохранилища от заполнения до полного осушения определённо препятствовала за 40 лет его функционирования формированию полноценной озёрной экосистеме с соответствующей флорой и фауной. Выявленные эколого-фаунистические преобразования должны послужить основанием для принятия решений, которые в значительной мере улучшили бы природоохранную и хозяйственную ситуацию в этом районе Тувы.

Таким образом, изменения орнитофауны, показанные на ряде примеров, везде следуют на фоне антропогенных преобразований природной среды. Не всегда они происходят одновременно с ландшафтными изменениями и обычно проявляют себя с некоторым временным и пространственным отрывом от них. Важное значение при этом приобретают рассмотренные нами виды-индикаторы, с помощью которых наиболее контрастно можно фиксировать возникающие изменения в орнитофауне и окружающей среде на конкретном участке или в региональном масштабе. Подобные

исследования создают основу для оценки эколого-хозяйственного состояния региона и перспектив дальнейшего освоения его природных богатств.

ЛИТЕРАТУРА

- Забелин В.И. Эволюция природных условий и фауны птиц Алтае-Саянской горной области. – Кызыл: ТувГУ; ТувИКОПР СО РАН, 2015. – 227 с.
- Забелин В.И., Арчимеева Т.П. Изменение экологической структуры фауны птиц долины р. Улуг-Хем в связи с формированием Саяно-Шушенского водохранилища // Управление ресурсным потенциалом региона на базе геоинформационных технологий. – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2010. – С. 99–107.
- Кальная О.И., Аюнова О.Д. Формирование водно-прибрежных экосистем Саяно-Шушенского водохранилища в пределах Тувы // Управление ресурсным потенциалом региона на базе геоинформационных технологий. – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2010. – С. 89–98.
- Куликова М.П., Балакина Г.Ф. Экологические проблемы использования углей в Республике Тыва // Экология и промышленность России. – 2010. – № 12. – С. 37–39.
- Неверова О.А., Еремеева Н.И. Опыт использования биоиндикаторов в оценке загрязнения окружающей среды. Аналитический обзор. – Новосибирск: ГПНТБ, 2006. – 88 с.
- Потапенко Ю.Я. Основы геоэкологии. – Карачаевск: Карачаево-Черкес. гос. пед. ун-т, 1999. – 86 с.
- Сушкин П.П. Птицы Минусинского края, Западного Саяна и Урянхайской земли: Материалы к познанию фауны и флоры Российской Империи. Отд. зоология. – М., 1914. – Вып. XIII. – 551 с.
- Янушевич А.И. Фауна позвоночных Тувинской области. – Новосибирск: Изд-во Зап.- Сиб. фил. АН СССР, 1952. – 143 с.

REFERENCES

- Kal'naya O.I., Ayunova O.D. Formirovaniye vodno-pribrezhnykh ekosistem Sayano-Shushenskogo vodokhranilishcha v predelakh Tuvy [Formation of water-coastal ecosystems of the Sayano-Shushensky reservoir within Tuva]. *Upravleniye resursnym potentsialom regiona na baze geoinformatsionnykh tekhnologiy = Management of the resource potential of the region on the basis of geoinformation technologies*. Kyzyl, TuvIENR SB RAS, 2010, pp. 89–98. (In Russ.)
- Kulikova M.P., Balakina G.F. Ekologicheskiye problemy ispol'zovaniya ugley v Respublike Tyva [Environmental problems of using coal in Tyva Republic]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii = Ecology and Industry of Russia*, 2010, no. 12, pp. 37–39. (In Russ.)
- Neverova O.A., Yeremeyeva N.I. *Opyt ispol'zovaniya bioindikatorov v otsenke zagryazneniya okruzhayushchey sredy. Analiticheskiy obzor* [Experience of using bioindicators in assessing environmental pollution. Analytical review]. Novosibirsk, GPNTB, 2006, 88 p. (In Russ.)
- Potapenko Yu.Ya. *Osnovy geoekologii* [Fundamentals of geoecology]. Karachayevsk: Karachay-Cherkess State Pedagogical University, 1999, 86 p. (In Russ.)
- Sushkin P.P. *Ptitsy Minusinskogo kraya, Zapadnogo Sayana i Uryankhayskoy zemli* [Birds of the Minusinsk Territory, the Western Sayan and the Uryankhai area]. Materialy k poznaniyu fauny i flory Rossiyskoy Imperii. Otd. zoologiya [Materials for the knowledge of the fauna and flora of the Russian Empire. Dept. zoology]. Moscow, 1914, is. XIII, 551 p. (In Russ.)
- Yanushevich A.I. *Fauna pozvonochnykh Tuvinskoj oblasti* [Vertebrate fauna of Tuva region]. Novosibirsk: Publishing house of the West Siberian branch of the USSR Academy of Sciences, 1952, 143 p. (In Russ.)
- Zabelin V.I. *Evolyutsiya prirodnykh usloviy i fauny ptits Altaye-Sayanskoy gornoy oblasti* [Evolution of natural conditions and bird fauna of the Altai-Sayan mountainous region]. Kyzyl, TuvSU; TuvIENR SB RAS, 2015, 227 p. (In Russ.)
- Zabelin V.I., Archimayeva T.P. *Izmeneniye ekologicheskoy struktury fauny ptits doliny r. Ulug-Khem v svyazi s formirovaniyem Sayano-Shushenskogo vodokhranilishcha* [Changes in the ecological structure of the bird fauna of the river Ulug-Khem valley due to the formation of the Sayano-Shushensky reservoir]. *Upravleniye resursnym potentsialom regiona na baze geoinformatsionnykh tekhnologiy = Management of the resource potential of the region on the basis of geoinformation technologies*. Kyzyl, TuvIENR SB RAS, 2010, pp. 99–107. (In Russ.)