

УДК 911.2

АНАЛИЗ ПИРОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГЕОСИСТЕМЫ ПРИОЛЬХОНЬЯ ПО МАТЕРИАЛАМ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ**Бибаева А.Ю.***ФГБУН «Институт географии им. В.Б. Сочавы» СО РАН, Иркутск, e-mail: pav_a86@mail.ru*

В работе рассматривается изменение состояния геосистем Приольхонья под действием пирогенного фактора в 2013–2015 гг. Исследование площадей, пройденных огнем, проводилось методом обучаемой классификации в среде ГИС с использованием космоснимков Landsat 8. Выявлено увеличение площадей гарей: в 2015 г. зафиксирована наибольшая площадь, пройденная пожарами, за последние 13 лет, начиная с 2003 г. В породной структуре площади погибших насаждений доминируют кедровники – 36%, в меньшей степени затронуты огнем лиственничные – 17% и сосновые – 12% леса. На фоне трансформирующих факторов среды (потепление климата, снижение уровня воды оз. Байкал и др.) и антропогенного влияния (рекреационная нагрузка, выпас скота) пирогенное воздействие на геосистемы Приольхонья значительно усиливается, что приводит к резкому изменению структуры и скорости протекающих в них физико-географических процессов. В условиях изменчивой среды геодинамически активной зоны это воздействие на геосистемы Приольхонья может оказаться катастрофическим и привести к их необратимой трансформации.

Ключевые слова: пирогенный фактор, динамика геосистем, трансформация, физико-географические процессы**ANALYSIS OF FIRE-INDUCED INFLUENCE ON THE PRIOLKHONYE GEOSYSTEMS BY USING MATERIALS OF REMOTE SENSING OF THE EARTH****Bibaeva A.Yu.***V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, e-mail: pav_a86@mail.ru*

The paper deals with the change of Priolkhonye geosystem state under the action of the pyrogenic factor in the period 2013–2015 g. The study area covered by the fire, was carried out by supervised classification in GIS using satellite image Landsat 8. Increase of the burned areas is revealed: the largest area affected by fires in the last 13 years, since 2003 is detected in 2015. Among the tree species destroyed by fire cedar forests – 36% are dominate, larch forest – 17% and pine forest – 12% are destroyed by fire to a lesser extent. Pyrogene impact on Priolkhonye geosystems considerably amplifies amidst transforming environmental factors (climate warming, decrease in water level of the Lake Baikal and all that) and anthropogenic impacts (recreational load, grazing), that is lead to change in the structure and rate of physiographic processes. In the conditions of the changing environment of geodynamic active area this impact on Priolhonje geosystems can be disastrous and lead to their irreversible transformation.

Keywords: pyrogenic factor in the dynamics of geosystems, transformation, physiographic processes

Проблема сохранения уникальных геосистем и рационального природопользования на Байкальской природной территории (БПТ) остается актуальной и активно обсуждается в настоящее время. Благодаря климатическому фактору 2014 год для оз. Байкал оказался катастрофически маловодным, приток воды в озеро составил всего 67% от нормы, что способствовало снижению уровня воды в озере ниже минимально установленной отметки в 456 м [3]. Это повлекло за собой ряд негативных последствий, связанных со снижением уровня грунтовых вод в водосборном бассейне озера, сокращением площади водного зеркала, изменением микроклимата различных местоположений, снижением количества осадков, усилением его засушливости и пр.

Гидроклиматические исследования последних лет на БПТ [7] показали устойчивый рост годовых температур воздуха со скоростью 0,2–0,5°C/10 лет, что на порядок превышает аналогичные коэффициенты, рассчитанные в среднем для Северного по-

лушария; преобладает тенденция к снижению в изменении годовых величин сумм осадков. Вместе с тем на фоне потепления отмечается уменьшение континентальности климата за счет уменьшения годовых амплитуд температуры. Последний фактор усугубляет пирогенную обстановку в регионе: в 2014–2015 гг. регистрируются значительные площади, пройденные лесными и степными пожарами разной интенсивности. Особенно обширные площади гарей за указанный период сосредоточены в Ольхонском и Качугском административных районах Иркутской области. Наиболее тяжелые и значительные негативные последствия сказываются на уникальных геосистемах Ольхонского района, территориально полностью относящегося к водосборному бассейну оз. Байкал и его центральной экологической зоне. Все эти факторы в сочетании с резко континентальным климатом и специфическим мезоклиматом в условиях барьерной тени Приморского хребта Приольхонья ведут к нарушению устойчивости

геосистем уникального региона и могут способствовать их коренной трансформации.

В рамках предполевого этапа работ с целью инвентаризации данных о площадях, пройденных пожарами, и их локализации, выбора маршрута и точек комплексного физико-географического описания выполнялись дешифрирование и анализ данных дистанционного зондирования земли (ДДЗЗ).

Материалы и методы исследования

В качестве модельного участка выбрана территория Приольхонья, расположенная в средней части западного побережья оз. Байкал, непосредственно напротив о. Ольхон. Район включает территории технического участка № 2 (колхоз «20-го съезда КПСС») Бугульдейского участкового лесничества, Сарминской дачи Ольхонского участкового лесничества Ольхонского лесничества Иркутской области и Онгуренского лесничества Прибайкальского государственного природного национального парка.

Климатические условия формируются в значительной степени под влиянием местных физико-географических факторов, прежде всего орографии и водной массы озера [2], обеспечивающих проявление барьерно-теневого, аридно-котловинного и подгорного эффектов. Горный рельеф обеспечивает [4] однонаправленный характер протекающих здесь физико-географических процессов, неравномерность распределения и спорадичность проявления по территории. Все эти факторы позволяют существовать на ограниченной территории контрастным по природным условиям классам геомов [6]: гольцовым горно-тундровым и подгольцовым Байкало-Джугджурским, горнотаежным Байкало-Джугджурским (светлохвойным) и Южносибирским (темнохвойным), центральноазиатским степным даурского типа, подгорным лугово-болотным.

Для выявления территорий, подверженных пирогенному фактору, вычисления площадей гарей использовались разновременные данные дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ) за период 2013–2015 гг. Источником информации о породном составе лесов, подверженных горению в указанный период, послужили лесотаксационные материалы М 1:25 000 Агентства лесного хозяйства Иркутской области (АЛХИО) и Прибайкальского государственного природного национального парка (ПНП). Дешифрирование ДДЗЗ выполнялось в рамках предполевого этапа работ по оценке ущерба и мониторингу восстановительных смен растительности и состояний геосистем выбранной территории, целью которого является выявление механизмов самоорганизации геосистем.

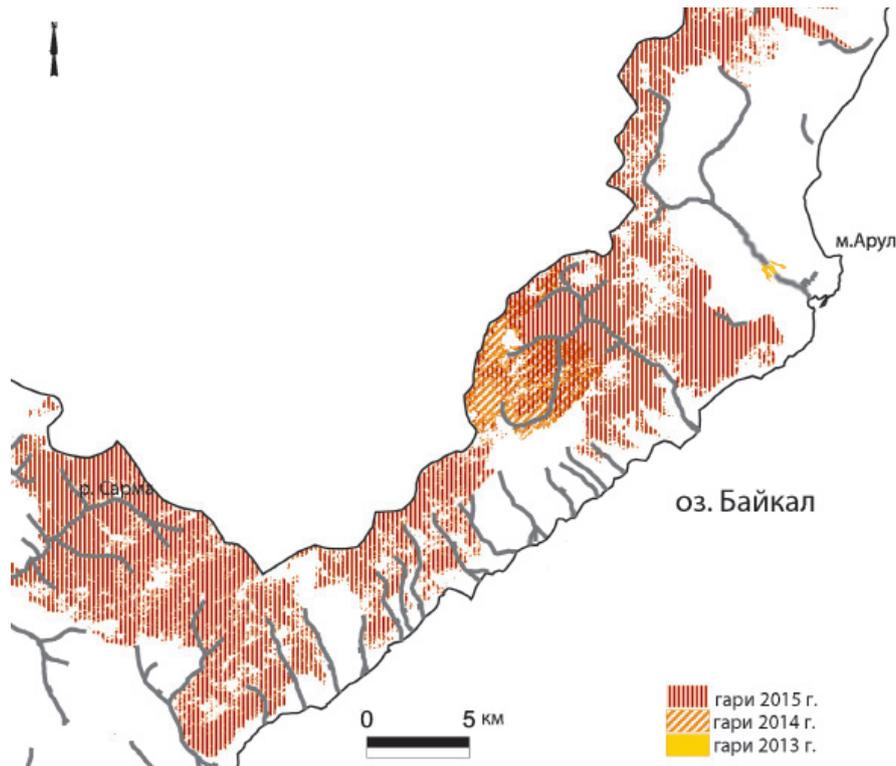
Результаты исследования и их обсуждение

Согласно полученным данным общая площадь территорий, подверженных горению, составила: в 2013 г. – 0,29 км², в 2014 г. – 24,7 км², в 2015 г. – более 178 км². Согласно карте «Мезоклиматы Приольхонья» [2] основная часть пожаров отмечена на территории с отсутствием или низким влиянием водной массы озера Байкал на мезоклимат геосистем. Обращает на себя

внимание тот факт, что очаги возгорания фиксируются на территории Качугского района, откуда огонь переходит и распространяется на территорию Ольхонского административного района.

В 2014 году в Приольхонье воздействию огня подверглись геосистемы в границах Онгуренского лесничества ПНП в пределах водосборного бассейна р. Зундук (верховья рек Правый и Левый Зундук) на высотах 1000–1550 м над у.м. Их микроклиматические особенности определяются положением за пределами зоны влияния водной массы оз. Байкал и характеризуются [2] сравнительно низкими температурами воздуха в летний период (продолжительность безморозного периода – 70–90 дней, сумма положительных температур выше 10°C – менее 800), повышенным количеством осадков (500–800 мм) и значительной повторяемостью сильных ветров (среднегодовая скорость ветра 3–4 м/с). Наиболее сильно пострадали геосистемы выровненных поверхностей редколесные из кедра (коренные) и склоновые кедровые с подлеском из кедрового стланика (мнимокоренные) на нижнепротерозойских породах иликтинской свиты (хлоритовых сланцах, филлитах, метаморфизированных полевошпатово-кварцевых песчаниках и гравелитах, порфиритах, доломитовых известняках). На их долю приходится более 71% площади поражения огнем. Около 23% площади горения приходится на геосистемы вершинных поверхностей и склонов подгольцовые кустарниковые с кедровым стлаником на нижнепротерозойских интрузиях (порфиридных, средне- и мелкозернистых аляскитоидных гранитах). Склоновые лиственничные травяно-кустарниковые и склоновые березовые травяно-кустарниковые леса восстановительной серии пострадали от пирогенного фактора в наименьшей степени – 4,5% и 1,4% соответственно. Долинные еловые перестойные, спелые и приспевающие леса на метаморфизированных песчаниках и гравелитах нижнего протерозоя практически не затронуты огнем – 0,03% сгоревшей площади.

В 2015 г. в Приольхонье зафиксирована наибольшая площадь, пройденная пожарами за последние 13 лет, начиная с 2003 года, – 178,5 км². Пожары в лесном фонде на исследуемой территории отмечены в границах технического участка № 2 (колхоз «20-го съезда КПСС») Бугульдейского участкового лесничества, Сарминской дачи Ольхонского участкового лесничества



*Площади, пройденные огнем в Приольхонье в период 2013–2015 гг.
(по данным дешифрирования космоснимков Landsat 8)*

Ольхонского лесничества Иркутской области и Онгуренского лесничества ПНП. В ландшафтном отношении деструктивному влиянию огня в этот период были подвержены геосистемы северо-восточной части Приольхонья от правого берега р. Улан-Хан до местности Зама – центральноазиатские горностепные, горнотаежные сосновые, горнотаежные темнохвойные ограниченного развития, подгольцовые темнохвойно-редколесные геомы.

В границах Сарминской дачи Ольхонского участкового лесничества прохождение пожаров фиксируется на площади 91 км² в верховьях р. Сарма, р. Улан-Хан, в нижней части восточного макросклона Приморского хребта от правого берега р. Улан-Хан до юго-западной границы Онгуренского лесничества ПНП. На высотах 580–1300 м над у.м. горению подвержены геосистемы нижних частей склонов восточных экспозиций и подгорных равнин лиственнично-сосновые травяные остепненные на гнейсах, амфиболитах и мраморах архея, на нижнепротерозойских породах иликтинской свиты (хлоритовых сланцах, филлитах, метаморфизированных полевошпатово-кварцевых песчаниках и гравелитах, порфиритах, доломитовых известняках). Согласно В.В. Буфалу с соавторами [2] мезоклимат характеризу-

ется умеренным и слабым влиянием водной массы озера Байкал, большим количеством атмосферных осадков (250–400 мм в год) по сравнению с прибрежными территориями при той же теплообеспеченности.

В верхних частях склонов и водоразделах на высотах 1160–1600 м над у.м. воздействию огня были подвержены склоновые кедровые кустарниково-зеленомошные, подгольцовые редколесные из кедра, вершинных поверхностей и склонов с кедровым стлаником на нижнепротерозойских породах иликтинской свиты (хлоритовых сланцах, филлитах, метаморфизированных полевошпатово-кварцевых песчаниках и гравелитах, порфиритах, доломитовых известняках) и приморского комплекса (порфиридовидных, средне- и мелкозернистых аляскитоидных гранитах). Мезоклимат геосистем характеризуется сравнительно низкими температурами воздуха в летний период (ср. температура июля +12–14 °С), повышенным количеством осадков (500–800 мм) и значительной повторяемостью сильных ветров [2].

По ложбинам и долинам в верховьях водосборного бассейна р. Сарма воздействию огня подверглись долинные сосново-лиственничные с елью смешаннокустарниковые травяно-зеленомошные леса на аллювии пойм и низких надпойменных террас.

Мезоклимат указанных таежных геосистем характеризуется как более теплый (средняя температура июля +15–17°C) и влажный (годовая сумма осадков – 400–500 мм) по сравнению с предыдущим, ветры более слабые.

В пределах Бугульдейского участкового лесничества деструкции подвержены сосновые и лиственнично-сосновые с подлеском из рододендрона даурского травяные леса на биотитовых, биотитово-роговообманковых гнейсах, амфиболитах и кристаллических доломитах архея (мнимокоренные) – 91,5% от площади горения, производные березовые травяно-кустарниковые леса восстановительной серии – около 3,5%, мезоклимат которых определяется [2] пониженной теплообеспеченностью (ср. температура июля +12–14°C, продолжительность безморозного периода 100–105 дней) и повышенным атмосферным увлажнением (годовая сумма осадков 300–400 мм). Степными пожарами было охвачено 0,58 км² (58 га), что составляет около 5%.

В границах Онгуренского лесничества ПНП на территории Приольхонья воздействию пожара подвержено около 87 км² (8 665 га), что составляет более 42%. В наибольшей степени пострадали подгольцовые редколесные из кедра (22%), вершинных поверхностей и склонов с кедровым стлаником (32%) на нижнепротерозойских породах приморского комплекса (порфириовидных, средне- и мелкозернистых аляскитоидных гранитах) – 54% от общей площади гарей. Склоновые лиственнично-сосновые травяные остепненные леса на нижнепротерозойских породах иликтинской свиты (хлоритовых сланцах, филлитах, метаморфизированных полевошпатово-кварцевых песчаниках и гравелитах, порфиритах, доломитовых известняках) – 38%, производные березовые и осиновые травяно-кустарниковые леса восстановительной серии – около 8%.

В контексте проводимого анализа следует отметить рост площадей, пройденных огнем, увеличение разрушительной силы лесных пожаров, причины которых могут лежать в изменении вещественно-энергетических потоков, ослаблении внутренних и внешних связей геосистем, вследствие ряда факторов – трендов глобального изменения климата, снижения уровня воды в оз. Байкал в период с 2014 по 2016 г. и связанных с ними изменений.

На фоне указанных трансформирующих факторов среды пирогенное воздействие на геосистемы значительно усиливается, что проявляется в ослабленности и, следовательно, повышенной горимости растительного компонента и приводит к резкому измене-

нию структуры и скорости протекающих в них физико-географических процессов.

Согласно натурным наблюдениям Б.П. Агафонова [1] в гольцовом и подгольцовом поясах Приольхонья уничтожение огнем растительности и, прежде всего, кедрового стланика способствует резкой активизации ряда физико-географических процессов – выноса мелкозема путем поверхностного и внутригрунтового стока, формированию курумов, учащению обрушения одиночных глыб, более интенсивному метелевому переносу снега и формированию снежных карнизов, а следовательно, формированию еще больших снежных лавин; на субгоризонтальных поверхностях вследствие усиления испарения при обдувании ветрами и непосредственным воздействием солнечных лучей следует ожидать затухания процессов солифлюкции и массового смещения грунтов.

В пределах лесного пояса в верхних частях склонов и на водоразделах в кедровых кустарниково-зеленомошных лесах пирогенный фактор способствует таянию мерзлоты [1] как непосредственно при его термическом воздействии, так и через увеличение приходной части солнечной радиации вследствие сведения (возгорания, ветровала и др.) леса.

При уничтожении сосновых и лиственнично-сосновых травяных остепненных лесов огнем создаются условия для поверхностного сноса мелкозема и дефляции, на выпуклых и наветренных склонах уничтожаются рыхлые отложения вплоть до обнажения коренной породы. Вследствие засушливого климата в дальнейшем эти участки занимают разреженной степной растительностью, при этом возобновление леса в течение длительного периода времени не наблюдается, что может свидетельствовать о трансформации геосистем, или развивается затяжная стадия, при которой восстановление проходит в несколько раз дольше [1].

Степень трансформационных изменений геосистем, скорость и полнота восстановления их исходного динамического состояния зависит также от типа пожара. При прохождении беглого низового пожара низкой интенсивности негативное влияние на геосистемы проявляется через эпизодическое изменение структуры фитоценозов, которая в дальнейшем восстанавливается до климаксового состояния. Это восстановление происходит быстрее в степных геосистемах, что связано с преобладанием здесь видов с органами вегетативного размножения, хорошо защищенными от действия огня (корневищные, луковичные, клубнекорневые).

Воздействие на геосистемы низовых устойчивых и беглых пожаров с высокой интенсивностью горения проявляется не только в структуре фитоценозов, но и в изменении качественного фракционного состава органических горизонтов почвы и их химических свойств [5]. Так, регулярные пожары в степях приводят к заметному уплотнению почвы, уменьшению ее водопроницаемости и воздухообмена, что способствует увеличению поверхностного стока [9] и развитию делювиального смыва и плоскостной эрозии.

Следует обратить внимание на интенсивность антропогенного воздействия в степях в связи с выпасом скота и рекреационной нагрузкой. Эти факторы крайне неблагоприятно сказываются на восстановлении внутренних и внешних связей геосистем и главным образом на восстановлении физических свойств поверхностного слоя почвы и надпочвенного покрова. По данным Т.А. Работнова [8], такое сочетание факторов может приводить к ухудшению физических свойств поверхностного слоя почвы и через 25 лет после прохождения пожара. Дальнейшее изменение климатических характеристик может привести к невозможности восстановления структуры геосистемы и ее трансформации при смене инварианта.

Верховые пожары в лесных геосистемах поражают древостой и способствуют образованию ветровала и бурелома, нарушают структуру комплекса физико-географических процессов.

Таким образом, современные и потенциальные физико-географические процессы в геосистемах Приольхонья после прохождения пожара разнообразны и зависимы от местных условий. Поскольку пожары, как правило, проходят в Приольхонье в летний и осенний период, когда содержание почвенной влаги минимально, то поражающее воздействие огня – как термическое, так и деструктивное – на структуру геосистем возрастает. Восстановление и трансформация геосистемной структуры территории после воздействия пирогенного фактора определяется также площадью, пройденной огнем. При этом степень потенциальной опасности невозможности восстановления лесной растительности повышается с приближением к гольцовому поясу и на крутых склонах южной экспозиции.

Заключение

Огонь является одним из факторов, способствующих резкому изменению динамического состояния геосистем. При этом происходит ослабление или разрушение существующих взаимосвязей как в биоценозе, так и между компонентами геосистем.

Установлено, что за период с 2013 по 2015 годы деструктивному влиянию подверглось более 200 км² территории Приольхонья. В породной структуре площади погибших насаждений доминируют кедровники – 36%, в меньшей степени затронуты огнем лиственные – 17%, сосновые – 12%, незначительно – березовые – 2% и еловые – 0,07% леса в силу их малого распространения.

Можно предположить, что резкий рост площадей, подверженных горению, в последние годы обусловлен комплексом факторов, включая увеличение засушливости климата Приольхонья в последние годы, рост популярности стихийного туризма в ранее мало доступные районы, слабую систему охраны лесов.

В условиях изменчивой среды геодинамически активной зоны и изменяющегося климата воздействие пирогенного фактора на уникальные геосистемы Приольхонья может оказаться катастрофическим и привести к их необратимой трансформации. Спрогнозировать смену состояний восстановительной динамики геосистем района исследований, согласованности процессов, способствующих изменению их самоорганизации – чрезвычайная сложная задача. Интерпретация данных, обеспечивающих всестороннюю характеристику современного состояния и возможных преобразований геосистем, представляет значительный интерес в понимании трансформации геосистем Прибайкалья в целом.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-05-00902.

Список литературы

1. Агафонов Б.П. Распространение и прогноз физико-географических процессов в Байкальской впадине // Динамика Байкальской впадины. – Новосибирск: Наука, 1975. – С. 59–138.
2. Буфал В.В. Климат Приольхонья / В.В. Буфал, Н.Л. Линевиц, Л.Б. Башалханова // География и природные ресурсы. – 2005. – № 1. – С. 66–73.
3. Бычков И.В. Регулирование уровня озера Байкал: проблемы и возможные решения / И.В. Бычков, В.М. Никитин // География и природные ресурсы. – 2015. – № 3. – С. 5–15.
4. Григорьев А.А. Закономерности строения и развития географической среды. – М.: Мысль, 1966. – 382 с.
5. Краснощеков Ю.Н. Трансформация серогумусовых почв сосновых лесов под влиянием пожаров в юго-западном Прибайкалье // Лесоведение. – 2011. – № 2. – С. 3–12.
6. Ландшафты юга Восточной Сибири. Карта. – М 1:1 500 000 / В.С. Михеев, В.А. Ряшин / под общ. ред. В.Б. Сочавы. – М.: ГУГК, 1977.
7. Максютова Е.В. Тенденции гидроклиматических изменений на Байкальской природной территории / Е.В. Максютова, Н.В. Кичигина, Н.Н. Воропай, А.С. Балыбина, О.П. Осипова // География и природные ресурсы. – 2012. – № 4. – С. 72–80.
8. Работнов Т.А. Фитоценология. – М.: Наука Изд-во МГУ, 1983. – 383 с.
9. Роль пирогенного фактора в трансформации степных и лесных экосистем [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.rusnauka.com/28_NPM_2013/Ecologia/2_145568.doc.htm (дата обращения: 20.09.2016).