

Сукцессионные системы растительного покрова различных геоморфологических уровней в дельте р. Лены¹

Арктические ландшафты относятся к числу наиболее комплексных и динамичных в условиях глобального потепления климата. Дельтовые системы, вне зависимости от их зонального и высотного положения, также принадлежат к крайне динамичным экосистемам нашей планеты. Экосистемы дельт арктических рек являются, таким образом, наиболее динамичными и чутко реагирующими на любые изменения внешних условий. Изучение подобных экосистем представляется одной из наиболее сложных задач. Исследование их растительного компонента важно для оценки вклада в общее биоразнообразие экосистем; реакции на изменение различных компонентов среды; вклада в стабилизацию экосистем и прогноза их возможных изменений в ближайшем будущем.

Задачей настоящего исследования было описание сукцессионных систем растительности на разных геоморфологических уровнях в южной части дельты Лены.

Традиционно [1] в дельте Лены выделяются четыре основные поверхности: пойма и три надпойменные террасы, из которых в южной части представлены только три: пойма, первая и третья надпойменные террасы. Эти поверхности, помимо высотных уровней, различаются по происхождению, возрасту, составу поверхностных отложений и особенностям микро- и мезорельефа [2]. Исследования выполнены на модельных участках двух островов в пределах тундровой зоны (72° с.ш. и 126° в.д.) с хорошо представленными поверхностями всех трех уровней. В основу работы было положено сочетание анализа данных дистанционного зондирования (аэрофотоснимки и цифровые модели рельефа, полученные с помощью беспилотного летательного аппарата) и комплексного наземного обследования, включающего геоботанические, геоморфологические, геологические и геофизические исследования.

С помощью беспилотного летательного аппарата российского производства «Supercam S 250 G», фотокамеры «Sony a6000» и геодезического бортового приемника «Javad» было сделано 9 498 аэрофотоснимков с высоты 250 м. Разрешение изображения составило 5 см на пиксель. Обработка материалов аэрофотосъемки велась в программах Justin и Photoscan. В результате фотограмметрической обработки были получены цифровой ортофотоплан местности с разрешением 0,05 м. и цифровая модель местности, сформированная в виде матрицы высот.

На основе этих данных была сделана предварительная карта растительности и намечены точки и маршруты наземного обследования. В течение августа 2017 года было выполнено 320 геоботанических описаний на местности с привязкой с помощью 12-и канального GPS на площадках 10 × 10 м для общей площади около 10 км². Данные описаний были внесены в общую базу данных и расклассифицированы по методу Браун–Бланке в среде IBIS (Зверев, 2007). Анализ выделенных единиц в соответствии с результатами геоморфологических, геологических и гео-

* Н. Н. Лашинский, ФГБУН Центральный сибирский ботанический сад СО РАН (Новосибирск).

E-mail: nnl630090@gmail.com

¹ Работа выполнена в рамках государственного задания Центрального сибирского ботанического сада СО РАН № 0312-2017-0004 по проекту «Ценотическое разнообразие растительного покрова Западной Сибири и ее горного обрамления: экологические и географические закономерности формирования» при частичной поддержке интеграционного проекта СО РАН № 289 (2018–2020).

физических исследований позволил построить динамические ряды растительности, организованные в сукцессионные системы, специфичные для каждой поверхности.

Пойма является самой молодой и низкой поверхностью с превышением 0–2,5 м над меженным уровнем реки. Поверхностные отложения представлены косослоистыми аллювиальными песками. Время формирования поверхности составляет не более 1 000 лет. Поверхность низкой поймы включает ряд геоморфологических элементов, типичных для пойменного рельефа: пляж, окаймляющий острова по периферии, серия береговых валов разного возраста, приустьевая часть поймы и притеррасное понижение. Площадь, занимаемая этой поверхностью, варьирует от десятков до первых сотен метров вглубь островов. Растительный покров представлен серией сообществ, закономерно сменяющих друг друга по мере удаления от береговой линии и распределенных по элементам пойменного рельефа. Эту последовательность можно рассматривать как проявление первичной сукцессии растительности при колонизации свежего субстрата. Сукцессия начинается с песчаных пляжей абсолютно лишенных растительного покрова. За ними на расстоянии 20–30 м от уреза воды следует полоса пионерных сообществ с участием *Deschampsia borealis*, *Equisetum arvense*, *Calamagrostis holmii* и др. Далее, в зависимости от особенностей рельефа, формируются либо сообщества с доминированием *Equisetum arvense*, либо псаммофитные сообщества на вершине свежего берегового вала. В свою очередь дальнейшее развитие хвощевых сообществ идет по двум направлениям – на большей части плоской поверхности приустьевой поймы формируются заросли кустарниковых ив (*Salix glauca*, *S. alaxensis*) с хвощевым покровом, а в притеррасном понижении развивается серия сообществ околородной растительности с *Carex stans*, *Arctophyla fulva* и *Dupontia fisherii*. На заключительном этапе в данный момент развития сукцессии на старых береговых валах формируется травяная многовидовая тундра, а заросли кустарниковых ив преобразуются в сырые варианты ивковой тундры по мере развития и смыкания мохового напочвенного покрова. Последний процесс сопровождается заметным сокращением активного слоя почвы – от 80–100 см на большей части поймы до 40–45 см под сырой тундрой. Процесс первичной сукцессии явно не заверченный, но общая направленность идет в сторону зональных типов, дифференцированных по элементам мезорельефа.

Первая надпойменная терраса имеет превышение над меженью 8–12 м. Поверхностные отложения представлены так называемой «слоенкой» (Большаянов и др., 2013) – песчаными отложениями, переслоенными тонкими слоями грубой органики. Возраст поверхности, согласно радиоуглеродным датировкам, составляет 4–4,5 тыс. лет. На поверхности террасы нередко встречаются древесные остатки, принесенные половодьем, что указывает на возможное эпизодическое затопление этой поверхности в отдельные годы – признак, характерный для высокой поймы. Однако геоморфологами (Григорьев, 1993) эта поверхность диагностируется как террасная. На большей ее части хорошо выражен полигональный микрорельеф, образованный сетью сингенетических ледяных жил. Размер полигонов составляет от 80 до 200 м². Растительный покров террасы комплексный, резко различается по элементам микрорельефа. Динамика растительности подчинена динамике развития и деградации ледяных жил, ограничивающих полигоны. Наиболее полный сукцессионный ряд можно выразить следующей последовательностью: сырая тундра на бровках полигонов, болотистая тундра по краю полигонов, гипново-мелкоосоковое болото (*Carex rariflora*), осоковое болото (*Carex stans*), околородные заросли макрофитов (*Comarum palustre*, *Arctophyla fulva*). Ряд отражает реакцию растительного покрова на увеличение обводненности по мере роста ледяных жил. Сукцессионный ряд обратимый – при деградации ледяных жил на дрениро-

ванных местообитаниях происходит обсыхание полигонов и постепенная колонизация их сырой тундрой. Более влаголюбивые сообщества в этом случае концентрируются по ложбинам на месте протаявших жил.

Поверхность третьей террасы расположена на высотах от 30 до 50 м над межевью. Поверхностные отложения представлены едомой или ледовым комплексом (ЛК) – сильно льдистыми отложениями песчанистых алевритов с отдельными тонкими прослоями органических остатков. Формирование этих отложений относят к позднему плейстоцену (30–50 тыс. лет). В настоящее время поверхность едомных отложений подвержена сильной термоэрозии с образованием многочисленных термокарстовых котловин. Кроме того, идет активная деградация ЛК по береговым обрывам [2]. Растительность этой поверхности отличается наибольшим разнообразием из всех изученных. Основу ее составляют типичные зональные сообщества кочковатых тундр с доминированием *Eriophorum vaginatum*, распространенные в восточном секторе азиатской Арктики и широко представленные на североамериканском континенте [3]. При формировании термокарстовых котловин растительный покров дифференцируется в зависимости от крутизны и экспозиции склонов котловин, а также от степени обводненности местообитаний по днищам котловин. Прогрессирующая термоэрозия приводит к формированию сложного пересеченного рельефа на месте исходной плоской террасной поверхности. Соответственно, монотонный фон зональных кочковатых тундр сменяется сложным и разнообразным растительным покровом, включающим болотную, тундровую и околководную растительность, причем тундровые сообщества представлены несколькими вариантами, различными по флористическому составу, набору доминантов и условиям увлажнения местообитаний. Сукцессия растительности в этом случае носит однонаправленный необратимый характер.

Таким образом, проведенное исследование показало, что на всех исследованных геоморфологических уровнях дельты Лены в зоне типичных тундр динамика растительного покрова следует динамике внешних по отношению к растительности природных процессов: режима поемности и деградации многолетнемерзлых грунтов и ЛК. На каждой из исследованных поверхностей сложились своеобразные сукцессионные системы растительности, обеспечивающие существование растительного покрова и его реакции на изменение природных условий.

На поверхности поймы это первичная незавершенная сукцессия при наличии постоянно действующего фактора нарушений (ежегодное затопление) разной интенсивности. Можно выделить несколько сукцессионных последовательностей в зависимости от элементов мезорельефа. При прекращении воздействия фактора нарушений (выходе поверхности из режима поемности) сукцессия пойдет в сторону формирования зональных типов тундр.

На первой надпойменной террасе это циклический субклимакс, динамика которого определяется динамикой деградации (и частичной проградации) ледяных жил и особенностями мезорельефа. На современном этапе сукцессия носит обратимый циклический характер. При последовательной деградации полигональных структур усилится дифференциация растительности по формам мезорельефа. Высока вероятность фрагментации поверхности за счет деятельности реки.

Для поверхности третьей террасы это вторичная сукцессия, определяемая процессами деградации ЛК и формирования мезорельефа. Параллельно с усложнением мезорельефа и изменением условий увлажнения и теплообеспеченности местообитаний происходит увеличение биоразнообразия на β -уровне (разнообразие сообществ). Вместе с тем прогрессирующая термопланация поверхности, сопровождающаяся выносом тонкой фракции субстрата в трансаквальный ландшафт приводит к необратимой трансформации и исчезновению исходного ландшафта.

Литература

1. Григорьев М. Н. Криоморфогенез устьевой области р. Лены. – Якутск : Ин-т мерзлотоведения СО РАН, 1993. – 176 с.
2. Большианов Д. Ю., Макаров А. С., Шнайдер В., Штоф Г. Происхождение и развитие дельты реки Лены. – СПб. : ААНИИ, 2013. – 268 с.
3. Матвеева Н. В. Зональность в растительном покрове Арктики. – СПб. : БИНРАН, 1998. – 220 с.

N. N. Lashchinskiy,
Central Siberian Botanical Garden (Novosibirsk)

SUCCESSIONAL VEGETATION SYSTEMS ON DIFFERENT GEOMORPHOLOGICAL LEVELS IN LENA RIVER DELTA

Vegetation diversity depending on relief and substrate features was described in southern part of Lena river delta in tundra zone. Main approach based on combination of traditional ground research and high resolution remote sensing techniques. Three main surfaces – floodplain, first and third river terraces each were characterized by vegetation complexes interpreted as successional series depending on outer natural forces – flood dynamics, permafrost and Ice Complex degradation. For the floodplain it is primary succession on fresh substrate organized in two rows according to mesorelief forms. For the first terrace it is subclimax cycle depending on ice wedges degradation or partly progradation. For the third terrace it is secondary succession connected with Ice Complex degradation.