

УДК 630

СРЕДОФОРМИРУЮЩИЙ ПОТЕНЦИАЛ СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

© 2016 А.И. Гагарин¹, И.А. Гиниятов¹, Т.А. Лебедева²¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск² Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург

Статья поступила в редакцию 31.05.2016

Рассмотрены вопросы влияния изменения климата, главным образом повышение температуры воздуха, количество осадков на средоформирующий потенциал северных территорий: увеличение периода вегетации растений и сдвиг растительных формаций, изменение углерододепонирующей функции растительного покрова, на почвообразовательный процесс, водорегулирующую роль водосборных ландшафтов, на характер вечной мерзлоты и развитие болот.

Ключевые слова: *северные территории, средоформирующий потенциал, климат, вегетация, растительные формации, углерододепонирующий потенциал, почвообразование, водорегулирование, вечная мерзлота, болото*

По данным МГЭИК в северном полушарии количество осадков в XX веке увеличилось на 5-10% [3]. На Северном Урале (метеостанция Троицко-Печерское) количество осадков за период с 1889 г. по 2010 г. повысилось на 25-30% [5]. Увеличение суммы осадков произошло, в основном, за счёт роста зимних; в направлении с запада на восток рост зимних осадков составил от 4-6% до 7-9%. Режим осадков в тёплый период времени (май-сентябрь) изменился в меньшей степени. Значительно увеличился годовой объём речного стока в северных регионах – на 5-40%; причём максимальное значение роста зимнего стока может достигать 60%, летнего – 20% [8].

Результаты анализа наблюдений за изменениями климата в последние десятилетия указывают на возрастание вариабельности характеристик климата. По результатам «Рабочей группы 11-й Межправительственной группы экспертов» (Всемирная метеорологическая организация и программа ООН по окружающей среде), а также по результатам научных исследований Институтов Уральского [5] и Сибирского [13] отделений РАН, можно с высокой вероятностью полагать, что на территориях Севера и Сибири возрастает частота и интенсивность экстремальных погодных и климатических явлений. Статистические данные свидетельствуют о ежегодном росте числа опасных явлений на 6,3%, причем более 70% опасных явлений происходит в теплые периоды года [3]. Более 36% всех опасных явлений в мире приходится на группу из четырех явлений – очень сильный ветер, ураган, шквал, смерч; сильные дожди составляют около 16% всех опасных явлений; наводнения и паводки в суммарном количестве опасных явлений составляют 9%, но они оказывают наибольшее негативное влияние на хозяйственную деятельность [3]. В связи с прогнозируемым увеличением максимальных запасов воды в снежном покрове будет возрастать мощность весенних паводков на Севере и Сибири. При этом максимальная продолжительность

затопления пойменных участков может возрасти с 12 суток до 24 суток, а максимальные расходы воды могут превышать средние многолетние значения в районах Сибири в 2-5 раз [3].

Средоформирующий потенциал природных экосистем Севера и Сибири включает климатообразующую способность поддерживать состав воздуха атмосферы, водоохранно-водорегулирующую, почвообразующую роли, совокупность средозащитных функций (очищение воздуха и воды, почвозащитную), а также ресурсрезервационную роль. Изменения климата имеют как положительные, так и отрицательные последствия на средоформирующий потенциал территорий Севера и Сибири [7, 8]. Положительные последствия связаны с потеплением климата, отрицательные – с повышением вероятности экстремальных природных явлений.

Таяние льдов в Арктике, замерзание и вскрытие рек. По данным современной науки за последний миллион лет ледниковые и межледниковые периоды происходили не менее четырёх раз. Объяснить цикличность глобального изменения климата и природных зон, чередование холодных сухих ледников и теплых влажных межледниковых периодов можно через характер круговорота воды [1]. По данным сайта <http://nsidc.org> (табл. 1) в условиях глобального потепления климата ото льда освобождается от 4 до 14% акватории Северного Ледовитого океана.

Таблица 1. Среднемесячная площадь арктического морского льда в Северном Ледовитом океане (сентябрь 1979-2011 гг.)

Годы	1979	1985	1991	2001	2011
Площадь льда, млн. кв. км	7,9	7,1	6,6	5,9	4,6

Таяние льдов в Арктике ведёт к увеличению водяных паров в атмосфере и росту интенсивности перемещения холодного арктического воздуха на территорию Европы [1, 3]. Из-за потепления климата происходит более позднее замерзание водных объектов и более раннее начало весеннего половодья [8]. При этом на северных реках следует ожидать сокращения периода ледостава до 15-27 суток, с одновременным уменьшением максимальной толщины льда на 20-40%; ожидаются также значительные изменения в сроках и процессах замерзания и вскрытия рек и водоёмов.

Гагарин Анатолий Иванович, кандидат исторических наук, профессор, заведующий кафедрой управления бизнес-процессами. E-mail: profgai@mail.ru

Гиниятов Ильгиз Ахатович, кандидат технических наук, профессор кафедры кадастра и территориального планирования. E-mail: GIA-2009@mail.ru

Лебедева Татьяна Анатольевна, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры геодезии и кадастров. E-mail: taranova@ukr.net

Увеличение периода вегетации растений и сдвиг растительных формаций. За последние 15 лет на северных территориях увеличилась продолжительность периода вегетации (периодов с температурой воздуха выше +5°C) на 5-10 дней, уменьшилась повторяемость низких температур в приземном слое воздуха в весенние периоды, но сохраняются в период вегетации случаи заморозков. Именно эти погодные факторы изменения климата оказывают существенное влияние на биологическую продуктивность природных экосистем на Севере [7, 8].

Усиление продукционных процессов (главным образом, фотосинтеза) в экосистемах Севера и Сибири ведёт к сдвигу границ растительных формаций: на равнине лесотундра продвигается на Север, в горах редколесья поднимаются вверх по склонам [5]. Интенсивность заселения ранее безлесных территорий в значительной степени определяется локальными условиями местопроизрастания; в частности, увеличением толщины снежного покрова, температурным режимом почв в зимний период (он лимитирует начало вегетации растений). Поднятие верхней границы леса началось на многоснежных участках в конце XVIII столетия, а пионерным видом выступала лиственница. Доказательством этого процесса является закономерное уменьшение возраста ныне растущих древостоев лиственницы по мере увеличения высоты над уровнем моря. Заселение ею малоснежных участков началось только в XX в. Берёза стала заселяться позднее и активно укрепляет свои позиции в настоящее время.

Поднятие верхней границы леса формирует защитные условия в зимние периоды для оленей, увеличивает кормовую базу для охотничьей фауны. Возможно продвижение очагов массового размножения вредителей и болезней растений (лесов); данные явления зафиксированы уже в южных районах ХМАО-Югры [5].

Поглощение углекислого газа (CO₂) растительным покровом. Увеличение периода вегетации растений и расширение растительных формаций на северных территориях ведёт к возрастанию их углерододоминирующей роли. В табл. 2 приведены данные расчётов по способности растительности поглощать CO₂.

Таблица 2. Способность растительности поглощать углекислый газ при образовании 1 т. сухой органической массы, т/т

Растения		Поглощение CO ₂
ель:	древесина	1,853
	хвоя	1,924
берёза	древесина	1,833
	хвоя	1,652
травы		1,652
сфагнум		1,710

Годовая масса поглощаемого из воздуха атмосферы углекислого газа (CO₂) чистыми лесонасаждениями и по преобладающей породе в смешанных лесонасаждениях (1 га лесных земель) определяется по формуле [9]:

$$G_c = q_i W (1 + V_1 y_{1i} + V_2 y_{2i}) P_c \text{ т/га в год,} \quad (1)$$

где q_i – текущий среднегодовой прирост стволовой древесины в i -й группе возраста, м³/га; W – плотность древесины в i -й группе возраста, т/м³; y_{1i}, y_{2i} – коэффициенты соизмерения прироста древесины пней и корней, сучьев и ветвей по типам леса (классам бонитета); V_1, V_2 – коэффициенты соизмерения прироста древесины пней и корней, сучьев и ветвей по различным возрастным группам; P_c – интенсивность поглощения

углекислого газа при образовании 1 т абсолютно сухой древесины, т/т.

Усиления интенсивности биологических процессов в растительном покрове северных территорий выражается в увеличении годовых приростов фитомассы в природных экосистемах; фактически этот процесс в лесных экосистемах выражается через улучшение лесорастительных условий и оценивается в повышении класса бонитета. В табл. 3 приведены значения текущих среднегодовых приростов древесины в лесах V и IV классов бонитета. Анализ показывает, что углекислогогазопоглощающая способность северных лесопокровых ландшафтов возрастает на 8-14%.

Почвообразовательный процесс. При составлении аналитических материалов о влиянии изменения климата в Арктике на почвообразовательный процесс использованы результаты научных исследований Института биологии Коми научного центра УрО РАН [2, 6] и Института экологии растений и животных УрО РАН (д.б.н. Фирсова В.П., к.б.н. Новгорова Г.Г., к.б.н. Дедков В.С. и др.). Усиление продукционных процессов и сдвиг растительных формаций при потеплении климата обуславливает более выраженный почвообразовательный процесс на северных территориях. Будет увеличиваться плотность населения мезофауны в почвах. Используя аналогию с процессом превращения почв на нелесных землях в почвы на лесопокровных участках можно полагать следующие количественные и качественные изменения мезофауны почв северных территорий при расширении лесорастительных зон. В подзолистых суглинистых почвах в процессе усложнения растительного покрова происходит заметная перестройка структуры населения микро- и мезофауны, которая выражается в повышении общей численности различных биологических организмов, увеличении их разнообразия в почве [6]. В процессе формирования почв в условиях потепления климата будет происходить смещение максимума численности бактерий из срединной части подстилки в ее верхнюю часть. В увеличивающихся и вновь формирующихся органогенных горизонтах подзолистых почв складывается стабильное сообщество микроорганизмов [16].

В процессе почвообразования под влиянием потепления климата с развитием растительного покрова происходят изменения в содержании, структуре и свойствах веществ, а также в качественном и количественном составе низкомолекулярных фракций гумуса [2]. На почвах в редколесьях и на образующихся лесных участках повышается концентрация соединений. Формирование развитого растительного покрова ведёт к изменению температурного режима почв: повышается теплообеспеченность, их оттаивание и прогревание до +5°C происходит на 5-11 дней раньше, в органогенных горизонтах продолжительность периода с отрицательными температурами резко сокращается, происходит сглаживание амплитуд среднесуточных колебаний температур в верхнем почвенном горизонте.

Почвообразование на северных территориях благодаря потеплению климата сопровождается изменением химического состава вод речного стока [14] – будет происходить изменение воды с водосборных территорий малых рек от гидрокарбонатного магниево-калиевого состава к трехкомпонентному (сложному) катионному составу. Будет снижаться выщелачивание из почв щелочных металлов и их поступление в почвенно-грунтовые воды и в водотоки; поверхностные воды будут изменять свою кислотность от нейтральной (pH = 6,7) или слабощелочной (pH = 7,6-8,7) к слабокислой (pH = 5,6-5,9) или нейтральной (pH = 7,0-7,4).

Таблица 3. Текущие среднегодовые приросты древесины в различных возрастных периодах лесонасаждений м³/га (Северный Урал)

Тип леса (класс бонитета)	Порода							
	Ель				Береза			
	Молодняки	Средне-возрастные	Приспевающие	Спелые	Молодняки	Средне-возрастные	Приспевающие	Спелые
Горные леса								
Мшисто-хвощовая (IV)	1,9	2,0	1,6	0,7	0,9	1,9	1,2	0,9
Сфагновая, травяно-болотная (V)	1,1	1,3	1,4	1,0	0,4	1,3	1,1	0,7
Равнинные леса								
Мшисто-хвощовая (IV)	2,2	2,1	1,3	0,6	0,8	2,0	1,5	1,2
Сфагновая, травяно-болотная (V)	1,9	1,5	0,6	0,3	0,4	1,4	1,3	1,0

Водорегулирующая роль северных ландшафтов. Водорегулирующая роль природных ландшафтов состоит в формировании внутрипочвенной (внутригрунтовой, подземной) части речного стока. Наибольшая выраженность проявляется в летний период; в этом случае величина прироста подземного стока ΔS равна [9]:

$$\Delta S = X \cdot \alpha \cdot \mu \cdot k_1 (k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot c_1 - (1 - \beta) \cdot c_2),$$

м³/га (2)

где X – суммарная величина осадков; α – коэффициент речного стока; β – коэффициент прироста осадков благодаря лесам; μ – доля (от 1) летних осадков в сумме годовых; K_2, K_3 – коэффициенты, возраст и класс бонитета насаждений; C_1, C_2 – коэффициенты подземной составляющей речного стока соответственно для данной лесопокрываемой и безлесной территории.

Таблица 4. Значения коэффициентов подземного стока для летнего периода на лесопокрываемых водосборах Среднего Урала

Лесистость территории, %	Вид насаждений	Равнинные леса		Горные леса	
		суглинистые почвы	супесчаные почвы	суглинистые почвы	супесчаные почвы
> 70	хвойные	0,80	0,95	0,70	0,90
	лиственные	0,65	0,80	0,55	0,75
60-70	хвойные	0,70	0,80	0,65	0,80
	лиственные	0,60	0,70	0,50	0,70
50-60	хвойные	0,65	0,75	0,60	0,75
	лиственные	0,55	0,65	0,45	0,60
40-50	хвойные	0,55	0,70	0,50	0,60
	лиственные	0,50	0,60	0,40	0,50
30-40	хвойные	0,45	0,60	0,40	0,50
	лиственные	0,40	0,55	0,35	0,45
< 30	хвойные				
	лиственные	0,30	0,40	0,25	0,35

Видно, что в условиях потепления климата внутригрунтовая часть речного стока возрастает с коэффициента 0,2–0,3 (на песчаных, каменистых участках) до коэффициента 0,7–0,9 (на травянистых, мшистых и лишайниковых участках) [7]. Благодаря потеплению климата территорий с эффективными водорегулирующими свойствами (развитым кустарниковым и напочвенным покровом, более мощными почвами) в периоды опасных явлений (сильные ливни и наводнения) будут существенно снижаться экстремальные значения параметров таких явлений, как максимальный уровень воды, интенсивность его изменения, продолжительность наводнения. Увеличение площади водосборных территорий с более мощным и развитым напочвенным, кустарниковым и древесным покровом повышает водорегулирующую роль природных ландшафтов, особенно при возрастании осадков (на 5–10%) и объемов речного стока (до 20%).

Вечная мерзлота. Вечная мерзлота, будучи производной климата, возникла с началом его похолодания; однако колебательный характер изменения

климата обусловил многократные изменения состояния мерзлоты во времени. По данным Н.А. Шполянской [15], потепление климата в Западной Сибири 4–8 тыс. лет назад на 2–2,5°C изменило температурное поле вечной мерзлоты на всю её мощность (до глубины 400 м); произошло протаивание вечномерзлых пород до глубины 200 м. Похолодание в период 2–4 тыс. лет назад с амплитудой около 2°C проникло на глубину 130–180 м; произошло новое промерзание до 80–100 м оттаявших ранее пород, не достигшее, однако, уровня сохранившегося нижнего, ставшего реликтовым мёрзлого слоя. Потепление способствовало изменению форм рельефа территории вечной мерзлоты – образовались и расширились термокарстовые озера. Однако южнее 67° северной широты благодаря потеплению происходило последующее зарастание этих озёр, превращение их в болота, где мощный моховой покров с его теплоизолирующими свойствами способствовал новому промерзанию грунтов и росту образованию бугристого рельефа из-за усиления неравномерности миграции воды к фронту промерзания.

Современные изменения характера вечной мерзлоты северных территорий обусловлены коротко-периодическими колебаниями климата. При этом короткопериодические колебания температуры воздуха затрагивают, по расчётам Н.А. Шполянской [9], лишь первые десятки метров вечной мерзлоты. По наблюдениям А.В. Павлова на Европейском Севере и в Западной Сибири колебания температуры затухают на глубинах до 9 м [11]. По мнению многих гляциологов [11, 15], вечная мерзлота, в силу наличия в ней льда и связанных с ним фазовых процессов, как природная система в целом инертна к перестройке в естественных условиях и достаточно устойчива к изменению климата.

Развитие болот. Все понятия «болото» (П.Ф. Морозов, Н.П. Пьявченко, Н.Я. Кац, А.А. Ниценко и др.) объединяют его характеристики: обильное увлажнение почвы, торфонакопление и специфичность растительного покрова. Н.И. Пьявченко [7], разработчик теории болотообразования, рассматривает заболачивание как сложный, внутренне противоречивый процесс, возникающий и развивающийся в результате взаимодействия биологических и абиотических природных факторов – атмосферы, гидрологических условий, растительности и почвенной среды. По его мнению, основной причиной процесса заболачивания суши служит постоянное или длительное периодическое переувлажнение верхнего горизонта почвы в результате превышения количества выпадающих осадков над испарением, или отсутствие стока излишней воды.

В настоящее время есть 2 точки зрения на интенсивность современного болотообразования в Западной Сибири. Саморазвитие болота есть сложный процесс, связанный в значительной мере с характером рельефа местности. Как показали исследования [3], посвящённые изучению развития болот Западной Сибири в голоцене (в послеледниковый период), процесс взаимоотношения леса и болота многократно менял своё направление во времени – болотообразование периодически затухало и усиливалось лесообразование. Очертания отдельных «языков» показывают, что болота как бы «выбирают» наиболее подходящие участки для своего продвижения или, наоборот, временно останавливаются в своём распространении, обходя более высоко расположенные площади, оставляя их внутри себя. Вместе с тем даже на сильно заболоченных водораздельных равнинах местное улучшение дренажа приостанавливает развитие болот виширь, приводит к облесению тех участков болот, на которых произошло улучшение дренажа, вызванное многими естественными причинами, например, образованием внутриболотной речной сети. По мнению Ф.З. Глебова [4], существенное уменьшение ежегодного прироста

площади болот за последние 200 лет свидетельствует о затухании болотообразовательного процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Баландин, Р.К. Ад 2012. Крах неизбежен. – М.; Яуза: Эксмо, 2012. 288 с.
2. Бондаренко, Н.Н. Аминокислотный состав гумусовых кислот почв, формирующихся на вырубках в подзоне средней тайги // Молодежь и наука на Севере: Матер. II-ой Всерос. молодежн. научн. конф. – Сыктывкар, 2013. С. 12-13.
3. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. – М.: Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2014. 1008 с., http://downloads.igce.ru/publications/OD_2_2014/v2014/html/
4. Глебов, Ф.З. Взаимоотношения леса и болота в таёжной зоне. – Новосибирск, Наука, 1988. С. 184.
5. Григорьев, А.А. Динамика верхней границы древесной растительности в высокогорьях Приполярного Урала под влиянием современного изменения климата // Экология. 2013. № 4. С. 284-295.
6. Лаптева, Е.М. Почвенная фауна в таежных экосистемах, естественно восстановленных после рубок главного пользования / Е.М. Лаптева, А.А. Колесникова, А.А. Таскаева и др. // Мат. докл. II Всерос. конф. «Проблемы изучения и охраны животного мира на Севере». – Сыктывкар, 2013. С. 125-127.
7. Лебедев, Ю.В. Методология комплексной оценки экосистем Севера / Ю.В. Лебедев, К.Ю. Лебедев, Т.А. Таранова // Мат. V Всерос. науч. конф. «Проблемы мониторинга...». – Архангельск, 2010. С. 34-37.
8. Лебедев, Ю.В. Оценка воздействия изменения глобального климата на лесопользование в северных регионах России / Ю.В. Лебедев, В.А. Дикунец, З.Я. Нагимов // Сб. мат. VI Междунар. науч. конф. – Новосибирск, СГТА, 2010. С. 238-242.
9. Лебедева, Т.А. Информационное обеспечение оценочных работ. – СГУГиТ, 2014. С. 40.
10. Лисс, О.Л. Болота Западно-Сибирской равнины / О.Л. Лисс, Н.А. Березина. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. С. 206.
11. Павлов, А.В. Мониторинг криолитозоны. – Новосибирск: «ГЕО» 2008. 230 с.
12. Пьявченко, Н.И. Вопросы теории лесного болотоведения // Вопросы лесоведения. Красноярск: Институт леса и древесины СО АН СССР. 1970. Т. 1. С. 253-261.
13. Скачков, Ю.Б. Роль аномальных зим в межгодовой изменчивости термического режима многолетнемерзлых пород центральной Якутии. Мат. докл. – Томск, ИМК и ЭС СО РАН, 2013. С. 200-209.
14. Гудкович, З.М. Изменения климата Земли – результат действия естественных причин / З.М. Гудкович, В.П. Карклин, В.М. Смоляницкий // Экологический вестник России. 2010. № 1. С. 49-54.
15. Шполянская, Н.А. Устойчивость вечной мерзлоты к глобальным изменениям климата // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2013. № 6. С. 37-41.
16. Экология Ханты-Мансийского автономного округа. Под ред. В.В. Плотнокова. – Тюмень: СофтДизайн, 1997. 288 с.

ENVIRONMENT-FORMING POTENTIAL OF NORTHERN TERRITORIES IN CONDITIONS OF CLIMATE CHANGE

© 2016 A.I. Gagarin¹, I.A. Giniyatov¹, T.A. Lebedeva²

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk

² Ural State Mining University, Ekaterinburg

The problems of climate change effects, mainly by rising temperatures and rainfall in the environment-forming potential of the northern territories: an increase in the period of plant vegetation and the shift of plant formations, changing of carbon-absorbing function of vegetation cover on soil-forming process, water-regulating role of watershed landscape on the nature of the permafrost development and wetlands.

Key words: northern territory, environment-forming potential, climate, vegetation, plant formations, carbon-absorbing potential, soil formation, water regulation, permafrost, wetland

Anatoliy Gagarin, Candidate of History, Professor, Head of the Management of Business Processes Department. E-mail: profgai@mail.ru; Ilgiz Giniyatov, Candidate of Technical Sciences, Professor at the Department of Inventory and Territorial Planning. E-mail: GIA-2009@mail.ru; Tati-ana Lebedeva, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Department of Geodesy and Inventories. E-mail: taranova@ukr.net