

Министерство природных ресурсов и экологии
Российской Федерации

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
"НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ОХРАНЫ
АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА"
(ОАО «НИИ Атмосфера»)

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ОАО «НИИ Атмосфера»
канд.техн.наук

_____ А.Ю. Недре
" ____ " _____ 2012 г.

Порядок использования критических нагрузок в природоохранной деятельности
Российской Федерации

Руководитель

темы

_____ И.О.Шарыгина
(подпись, дата)

Санкт-Петербург

2012

Перечень сокращений и обозначений.

ГИС—географическая информационная система

ГПЗ—государственный природный заповедник

КТЗВБР—Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния

Минприроды России—Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации

МСЦ "Восток"—Метеорологический синтезирующий центр "Восток"

ОВОС—оценка воздействия на окружающую среду

ООН—организация Объединенных Наций

ООПТ—особо охраняемая природная территория

ПДВ—предельно допустимый выброс

Росприроднадзор— федеральная служба по надзору в сфере природопользования

РФ—Российская Федерация

ФЗ—Федеральный закон

EMEP—European Monitoring and Evaluation Programme

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	6
1	Область применения	9
2	Ссылки на нормативные документы	10
3	Общие положения	11
4	Методология определения критических нагрузок соединений серы и азота применительно к условиям Российской Федерации.	14
4.1.	Алгоритм расчета критических нагрузок соединений серы и азота.	14
4.2.	Расчет критических нагрузок соединений серы и азота в условиях отсутствия регулярной сети мониторинга.	20
4.3	Исходные данные и входные параметры, необходимые для расчета критических нагрузок соединений серы и азота.	23
5	Оценка превышения критических нагрузок соединений серы и азота.	30
6	Картирование критических нагрузок соединений серы и азота на природные экосистемы.	32
7	Порядок организации разработки и использования критических нагрузок соединений серы и азота в природоохранной деятельности Российской Федерации.	33
8	Перспективы развития направления по расчету критических нагрузок соединений серы и азота в природоохранной деятельности Российской Федерации.	36
	Список литературы	37
	Приложение 1. Источники исходных данных для расчета критических нагрузок соединений серы и азота	39
	Приложение 2. Пример получения данных для метеостанции Петрозаводск, республика Карелия с использованием сервера "Погода России".	40
	Приложение 3. Пример получения климатических данных для Иркутска с использованием WolframAlfa.	41
	Приложение 4. Пример расчета критических нагрузок для природных экосистем ГПЗ «Пасвик»	42

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящем документе применяются следующие термины с соответствующими определениями:

атмосферный воздух - жизненно важный компонент окружающей природной среды, представляющий собой естественную смесь газов атмосферы, находящуюся за пределами жилых, производственных и иных помещений;

воздействие на окружающую среду - любое отрицательное или положительное изменение в окружающей среде, полностью или частично являющееся результатом деятельности организации, ее продукции или услуг;

вредное (загрязняющее) вещество - химическое или биологическое вещество либо смесь таких веществ, которые содержатся в атмосферном воздухе и которые в определенных концентрациях оказывают вредное воздействие на здоровье человека и окружающую природную среду;

выпадение (осаждение) примеси из атмосферы – удаление примеси из атмосферы в результате процессов сухого осаждения и вымывания атмосферными осадками (дождь, снег, град, туман и пр.);

загрязнение атмосферного воздуха - поступление в атмосферный воздух или образование в нем вредных (загрязняющих) веществ в концентрациях, превышающих установленные государством гигиенические и экологические нормативы качества атмосферного воздуха;

качество атмосферного воздуха - совокупность физических, химических и биологических свойств атмосферного воздуха, отражающих степень его соответствия гигиеническим нормативам качества атмосферного воздуха и экологическим нормативам качества атмосферного воздуха;

качество окружающей среды – состояние окружающей среды, которое характеризуется физическими, химическими, биологическими и иными показателями и (или) их совокупностью;

межсубъектовое атмосферное загрязнение территории - загрязнение территории субъекта в результате атмосферного переноса и выпадения вредных

(загрязняющих) веществ, источник которых расположен на территории других субъектов;

негативное воздействие на окружающую среду - воздействие хозяйственной и иной деятельности, последствия которой приводят к негативным изменениям качества окружающей среды;

нормативы допустимого воздействия на окружающую среду – нормативы, которые установлены в соответствии с показателями воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и при которых соблюдаются нормативы качества окружающей среды;

нормативы допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду – нормативы, которые установлены в соответствии с величиной допустимого совокупного воздействия всех источников на окружающую среду и (или) отдельные компоненты природной среды в пределах конкретных территорий и (или) акваторий и при соблюдении которых обеспечивается устойчивое функционирование естественных экологических систем и сохраняется биологическое разнообразие;

нормативы качества окружающей среды - нормативы, которые установлены в соответствии с физическими, химическими, биологическими и иными показателями для оценки состояния окружающей среды и при соблюдении которых обеспечивается благоприятная окружающая среда;

окружающая среда – совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов, а также антропогенных объектов;

предельно допустимая (критическая) нагрузка - показатель воздействия одного или нескольких вредных (загрязняющих) веществ на окружающую природную среду, превышение которого может привести к вредному воздействию на окружающую природную среду;

сухое осаждение – выведение загрязняющих веществ из атмосферы в отсутствие атмосферных осадков при контакте молекул газа или аэрозольных частиц с элементами подстилающей поверхности (почвой, водной поверхностью или растительностью)

трансграничное загрязнение атмосферного воздуха - загрязнение атмосферного воздуха в результате переноса вредных (загрязняющих) веществ, источник которых расположен на территории иностранного государства;

территориальное планирование – планирование развития территории в том числе для установления функциональных зон, определения планируемого размещения объектов федерального значения, объектов регионального значения, объектов местного значения.

Введение

На современном этапе антропогенные воздействия на все компоненты окружающей среды, в т. ч. естественные экосистемы неуклонно растут. Они не ограничиваются только прямым воздействием на локальном уровне, а оказывают значительное косвенное воздействие посредством выпадения загрязняющих веществ на территории экосистем в результате трансграничного переноса. Чем выше уровень антропогенной нагрузки на экосистему, тем выше риск нарушения механизмов, обеспечивающих ее устойчивость к поступлению загрязняющих веществ.

Оценка трансформации экосистем в результате воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду, в т. ч. с учетом трансграничного переноса возможна с использованием критерия «критическая нагрузка». Этот критерий оценки ущерба в рамках Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния (КТЗВБР) определяется как «количественная оценка выражения одного или более загрязнителей, ниже которой не наблюдаются значительные вредные воздействия на определенные чувствительные элементы окружающей среды, согласно данным на сегодняшний день» [1].

Количественная оценка величин критических нагрузок основана на определении баланса вещества в экосистеме с учетом его приходной и расходной составляющей. Превышение реальных выпадений загрязняющих веществ над критическими нагрузками и объем этих превышений является показателем состояния экосистемы.

Необходимость использования методологии критических нагрузок для регулирования интенсивности антропогенных нагрузок на различных территориях, объясняется предоставляемыми возможностями по установлению количественных зависимостей между уровнем выбросов, сбросов или стоков загрязняющих веществ и возникающими в окружающей среде ответными неблагоприятными эффектами и нарушениями.

Использование методологии критических нагрузок в природоохранной деятельности Российской Федерации продиктовано обязательством выполнения отдельных протоколов КТЗВБР, подписанной Российской Федерацией в 1980 г.

Российская законодательная база также предусматривает использование критической нагрузки в качестве норматива допустимого воздействия на окружающую среду. Федеральный Закон "Об охране окружающей среды" предусматривает, что *нормирование в области охраны окружающей среды* производится с целью установления нормативов качества окружающей среды и нормативов допустимого воздействия на окружающую среду при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, гарантирующих экологическую безопасность населения, сохранение генофонда, обеспечивающих рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов в условиях устойчивого развития хозяйственной деятельности. При этом под *воздействием* понимается антропогенная деятельность, связанная с реализацией экономических, рекреационных, культурных интересов и вносящая физические, химические, биологические изменения в окружающую среду.

Нормирование допустимого воздействия на окружающую среду предполагает учет допустимой нагрузки на экосистемы и другие рецепторы. *Допустимой* считается такая нагрузка, под воздействием которой отклонение от нормального состояния системы не превышает естественных изменений и, следовательно, не вызывает нежелательных последствий у живых организмов и не ведет к ухудшению качества окружающей среды. Таким нормативом, устанавливающим допустимую нагрузку на окружающую среду, является предельно допустимая (критическая) нагрузка.

Федеральным законом «Об охране атмосферного воздуха» предписано использование критических нагрузок в системе нормирования выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. В законе говорится, что «норматив предельно допустимого выброса вредного (загрязняющего) вещества в атмосферный воздух устанавливается для стационарного источника загрязнения атмосферного воздуха с учетом технических нормативов выбросов и фоновое загрязнение атмосферного воздуха при условии непревышения данным источником гигиенических и экологических нормативов качества атмосферного воздуха и предельно допустимых (критических) нагрузок на экологические системы...».

В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 2 марта 2000 года № 182 "О порядке установления и пересмотра экологических и гигиенических нормативов качества атмосферного воздуха, предельно допустимых уровней физических воздействий на атмосферный воздух и государственной регистрации вредных (загрязняющих) веществ и потенциально опасных веществ" (с изменениями на 15 февраля 2011 года) предельно допустимые (критические) нагрузки на экологические системы устанавливаются и пересматриваются Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации.

Настоящий Порядок использования критических нагрузок в природоохранной практике Российской Федерации разработан в рамках реализации вышеперечисленных законодательных документов, устанавливающих правовые основы охраны окружающей среды. Данный документ разработан с целью информационной и методологической поддержки Минприроды России для повышения уровня вовлеченности РФ в работы, проводимые в рамках Конвенции ТЗВБР и ее протоколов. Порядок также предназначен для органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации с целью поиска оптимальных решений, способствующих предотвращению деградации окружающей среды, обеспечению сбалансированного развития территории, выработке эффективных мер по снижению уровня антропогенных воздействий на окружающую среду до незначимого или приемлемого уровня, при создании региональных планов развития регионов, ОВОС, прогнозировании, при

проведении комплексных оценок состояния среды, разработке геохимических стандартов.

1. Область применения

1.1. Настоящий «Порядок использования критических нагрузок в природоохранной практике Российской Федерации» регулирует вопросы, касающиеся организации разработки и разработки критических нагрузок применительно к условиям Российской Федерации, а также вопросы рассмотрения, согласования и утверждения критических нагрузок.

1.2. Настоящий Порядок предназначен для использования:

- Минприроды России для обеспечения информационной и методологической поддержки при предоставлении национальных данных по отчетности и разработке экологической политики в рамках Конвенции ТЗВБР (ЕЭК ООН) и ее протоколов;
- Росприроднадзором и его территориальными органами при осуществлении функции государственного экологического контроля и при решении вопросов установления нормативов выбросов для предприятий федерального уровня с использованием предельно допустимых (критических) нагрузок на экологические системы при регулировании вредных воздействий на атмосферный воздух с целью сохранения естественных экосистем и благоприятной окружающей среды;
- Органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации при осуществлении государственного управления в области охраны атмосферного воздуха и решении вопросов в сфере использования и охраны природных ресурсов на подведомственных территориях, в т. ч. при решении вопросов установления нормативов выбросов для предприятий уровня субъекта Российской Федерации;
- Проектными организациями при решении вопросов охраны атмосферного воздуха при проектировании, реконструкции хозяйственных объектов и

установлении нормативов выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух с учетом соблюдения нормативов допустимого воздействия на окружающую среду;

- Предприятиями–природопользователями при решении вопросов регламентирования хозяйственной и иной деятельности с целью соблюдения нормативов допустимого воздействия на окружающую среду.

2. Ссылки на нормативные документы

Настоящий Порядок разработан в соответствии со следующими законодательными документами Российской Федерации и принципами международных соглашений в области охраны окружающей среды:

- Федеральным законом от 04.05.1999 № 96-ФЗ (ред.от 19.07.2011) "Об охране атмосферного воздуха" (принят ГД ФС РФ 02.04. 1999);
- Федеральным законом от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред.от 19.07.2011) "Об охране окружающей среды" (принят ГД ФС РФ 20.12. 2001);
- Постановлением Правительства РФ от 02.03.2000 г. № 182 (ред.5.02.2011) "О порядке установления и пересмотра экологических и гигиенических нормативов качества атмосферного воздуха, предельно допустимых уровней физических воздействий на атмосферный воздух и государственной регистрации вредных (загрязняющих) веществ и потенциально опасных веществ".
- Постановлением Правительства РФ от 02.03.2000 № 183 (ред.5.02.2011) "О нормативах выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух и вредных физических воздействий на него".
- Указом Президента Российской Федерации № 889 от 04.06.2008 г. "О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики";
- Указом Президента Российской Федерации № 440 от 01.04.1996 г. "О Концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию";

- Экологической доктриной Российской Федерации, одобренной распоряжением Правительства РФ от 31 августа 2002 г. № 1225-р.
- Конвенцией о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния ООН, Европейская экономическая комиссия. Женева, 1979;
- Протоколом о сокращении выбросов серы или их трансграничных потоков по меньшей мере на 30% к Конвенции 1979 года о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния. Хельсинки, 1985.
- Протоколом об ограничении выбросов окислов азота или их трансграничных потоков к Конвенции 1979 года о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния. София, 1988.
- Протоколом к Конвенции 1979 года о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния относительно дальнейшего сокращения выбросов серы. Осло, 1994.

3. Общие положения

3.1. Критическая нагрузка определяется как максимальное поступление загрязняющих веществ в экосистему, не сопровождаемое необратимыми изменениями в функционировании биоты, биогеохимической структуре экосистемы в целом и ее продуктивности в течение длительного периода времени.

3.2. При оценке критических нагрузок могут быть учтены те или иные природоохранные приоритеты: сохранение конкретных природных объектов (экосистем в целом или их отдельных компонентов) и т.п.

3.3. Нормативы допустимого воздействия на окружающую среду, к которым относятся критические нагрузки, должны обеспечивать соблюдение нормативов качества окружающей среды и разрабатываться для конкретных территорий с учетом их природных особенностей.

3.4. Концепция критических нагрузок предусматривает достижение максимальной экологической выгоды при сокращении эмиссии загрязняющих веществ, поскольку показывает оценку дифференцированной чувствительности различных экосистем к выпадениям загрязняющих веществ, включая кислотные

дожди. Расчеты и картографирование критических нагрузок позволяют создавать оптимизационные эколого-экономические модели с соответствующей оценкой минимальных экономических вложений для достижения максимального экологического эффекта.

3.5. Определение величин критических нагрузок применительно к условиям Российской Федерации включает несколько этапов: выбор реципиента, сбор исходных данных, расчет критических нагрузок, оценка превышений (сравнительный анализ величин критических нагрузок и существующих уровней выпадений).

3.6. В зависимости от характера воздействия на компоненты окружающей среды и обусловленные этим негативные эффекты, загрязняющие вещества при расчете величин критических нагрузок соединений азота и серы подразделяются на следующие группы:

- кислотной направленности действия на компоненты экосистем – окислы серы и азота (SO_2 , NO_2);
- обуславливающие эвтрофирование (изменение питательного статуса) биоценозов – соединения азота (NO_x , NH_4).

3.7. При расчетах величин критических нагрузок серы и азота последовательно определяются несколько показателей, характеризующих устойчивость экосистем в отношении данного класса загрязняющих веществ:

- максимальная нагрузка по сере ($\text{CL}(\text{S})_{\text{max}}$);
- минимальная нагрузка по азоту ($\text{CL}(\text{N})_{\text{min}}$);
- нагрузка по «питательному» азоту ($\text{CL}(\text{N})_{\text{nutr}}$);
- максимальная нагрузка по азоту ($\text{CL}(\text{N})_{\text{max}}$).

Использование комплекса показателей обусловлено спецификой воздействия окислов серы и азота на экосистемы, а именно: совокупным действием этих соединений как кислотных агентов и полифункциональностью поведения азота в окружающей среде (загрязняющее вещество и элемент питания одновременно).

- Максимальная нагрузка по сере определяет допустимые параметры поступления в экосистемы соединений подкисляющего действия, при

котором щелочно-кислотные условия в почвах не опускаются ниже установленной для соответствующего растительного сообщества критической (пороговой) концентрации.

- Минимальная нагрузка по азоту характеризует тот наименьший уровень поступления азота, который обеспечивает сохранение продуктивности рассматриваемых экосистем.
- Нагрузка по «питательному» азоту позволяет, напротив, оценить количественно поступление азота, не вызывающее его избытка в экосистемах (эвтрофирования), что может быть причиной смены видового разнообразия биоценозов.
- Максимальная нагрузка по азоту определяет допустимые параметры поступления в экосистемы окислов азота, при которых не происходит падения уровня кислотности ниже критического уровня и, одновременно, сохраняется благоприятный для биоты питательный режим почв.

3.8. Расчет критических нагрузок для наземных экосистем осуществляется для всех возможных комбинаций почв и растительных видов. Принимая во внимание широкое разнообразие экосистем, величины критических нагрузок кислотности серы и азота сравниваются с поступлением этих соединений с атмосферными осадками и выявляются экосистемы, для которых величины критических нагрузок превышены.

3.9. Расчет и картографирование критических нагрузок при мониторинге атмосферных выпадений серы и азота могут быть использованы для идентификации регионов, где современные выпадения превышают величины критических нагрузок.

4. Методология определения критических нагрузок соединений серы и азота применительно к условиям Российской Федерации.

4.1. Алгоритм расчета критических нагрузок соединений серы и азота.

Метод расчета критических нагрузок серы и азота, описанный ниже, рекомендован в качестве базового для расчета критических нагрузок Европейским координационным центром по воздействиям и успешно применяется во многих странах. Данный метод основан на уравнении баланса ионов в почвенном растворе [2]:

$$H_{le} + Al_{le} + BC_{le} + NH_{4,le} = SO_{4,le} + NO_{3,le} + Cl_{le} + HCO_{3,le} + RCOO_{le}, \quad (1)$$

где: индекс le обозначает вымывание, BC - сумма основных катионов ($BC = Ca + Mg + K + Na$), $RCOO$ - сумма органических анионов.

Концентрации OH^- и CO_3 принимаются равными 0, что справедливо даже для карбонатных почв. Все величины даны в экв/га/год.

Вымывание щелочности определяется уравнением:

$$Alk_{le} = HCO_{3,le} + RCOO_{le} - H_{le} - Al_{le} \quad (2)$$

В сочетании с (1) получаем:

$$BC_{le} + NH_{4,le} - SO_{4,le} - NO_{3,le} - Cl_{le} = Alk_{le} \quad (3)$$

В отличие от уравнения (2) уравнение (3) дает другое определение щелочности в виде: "суммы основных катионов минус сильные кислотные анионы".

Хлориды геохимически наиболее подвижны, они не накапливаются в почвенном слое. Поэтому все выпавшие хлориды вымываются, то есть имеет место следующее равенство:

$$Cl_{le} = Cl_{dep}, \quad (4)$$

где: Cl_{dep} - вымывание соединений хлора.

В условиях нединамического равновесия вымывание основных катионов должно уравниваться общим их поступлением. Поэтому, справедливо следующее равенство:

$$BC_{le}=BC_{dep}+BC_w-BC_u, \quad (5)$$

где: BC_{dep} - выпадение, BC_w - выветривание, а BC_u - поглощение основных катионов растительной биомассой.

Величины вымывания сульфатов и нитратов связаны с величинами выпадений этих элементов уравнениями масс-баланса. После некоторых упрощений эти уравнения примут следующий вид (считая, что сера выпадает в виде сульфатов, а азот - в виде окисленных и восстановленных соединений):

$$\text{для серы: } S_{le}=SO_4, le=S_{dep} \quad (6)$$

$$\text{для азота } N_{le}=NO_3, le+N_{dep}-N_i-N_u-N_{de} \quad (7)$$

где: S_{dep} - выпадения соединений серы, N_{dep} -выпадения соединений азота, N_i - иммобилизация азота в корневой зоне растений, N_{de} - денитрификация, N_u - поглощение азота растительной биомассой.

Подставляя уравнения (4-7) в уравнение (3), получаем следующее упрощенное балансовое уравнение между источниками и запасами серы и азота в почве применимое для любых выпадений этих элементов:

$$S_{dep}+N_{dep}=BC_{dep}-Cl_{dep}+BC_w-BC_u+N_i+N_u+N_{de}-Alk_{le} \quad (8).$$

Установив величину критического вымывания щелочности ($Alk_{le(crit)}$), определяющую предел, ниже которого не происходит существенных изменений в функционировании экосистем, можно определить максимальное выпадение соединений серы и азота (то есть величины критических нагрузок):

$$CL(S+N)=CL(S)+CL(N)=BC_{dep}-Cl_{dep}+BC_w-BC_u+N_i+N_u+N_{de}-Alk_{le(crit)}. \quad (9)$$

Сопоставляя выпадения серы и азота с величиной $CL(S+N)$, следует помнить, что сера и азот как подкислители действуют независимо друг от друга, и процессы трансформации азота не влияют на величину критической нагрузки по сере. Тогда максимальная нагрузка серы определятся из следующего уравнения:

$$CL_{\max}(S) = BC_{\text{dep}} - Cl_{\text{dep}} + BC_w - BC_u - Alk_{\text{le(crit)}}. \quad (10)$$

Кроме того, определив величину $CL_{\min}(N)$ как

$$N_{\text{dep}} \leq N_i + N_u + N_{\text{de}} = CL_{\min}(N), \quad (11)$$

можно считать, что весь выпавший азот поглощается почвенными микроорганизмами и растениями, включается в состав гумуса и денитрифицируется.

Максимально допустимое выпадение азота (при почти гипотетическом условии, что выпадения серы равны 0) определяется следующим уравнением:

$$CL_{\max}(N) = CL(S+N) = CL_{\max}(S) + CL_{\min}(N). \quad (12)$$

На рисунке 1 показана взаимосвязь между выпадениями и величинами критических нагрузок серы и азота, серым цветом выделена область, где выпадения не превышают критических нагрузок.

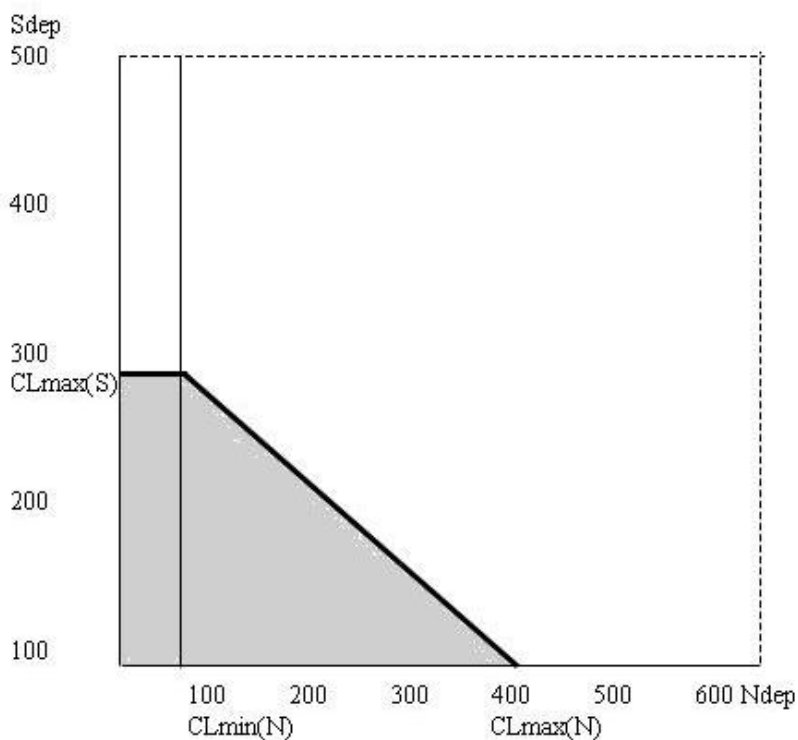


Рис.1. Кривая индифферентных превышений для серы и азота [3] Размерность-экв/га/год.

При определении критических нагрузок азота кроме подкисляющего эффекта следует учитывать и влияние азотных выпадений на пищевой статус

экосистем, что выражается расчетом критической нагрузки по питательному азоту.

После некоторых упрощений уравнение для оценки критической нагрузки по питательному азоту имеет следующий вид:

$$CL_{\text{nutr}}(N) = N_u + N_i + N_{\text{le(crit)}} + N_{\text{de}} \quad (13)$$

где: $N_{\text{le(crit)}}$ – критическое вымывание азота

Рассмотрим два возможных случая при сравнении величин критических нагрузок по подкисляющему и питательному азоту (рис.2)

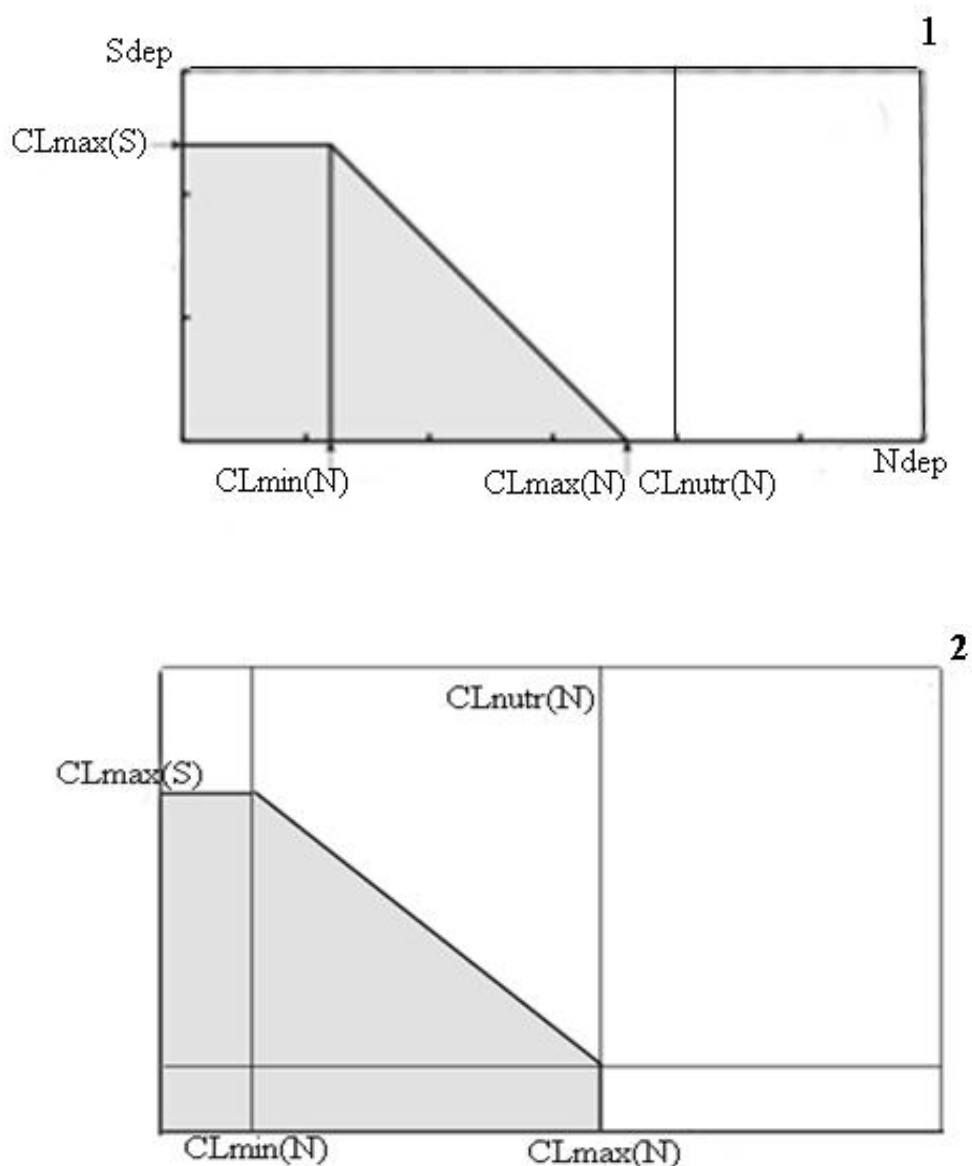


Рис. 2. Взаимосвязь между величинами критических нагрузок по подкисляющему (CL_{max}) и питательному (CL_{nutr}) азоту. [3]

- 1) $CL_{nutr}(N) \geq CL_{max}(N)$. В этом случае величиной $CL_{nutr}(N)$ можно пренебречь, так как максимально допустимое выпадение азота будет ограничено величиной $CL_{max}(N)$
- 2) $CL_{nutr}(N) < CL_{max}(N)$. При этом величина $CL_{nutr}(N)$ ограничивает максимально допустимое выпадение азота, а допустимое выпадение серы при таком поступлении азота определяет величина $CL_{min}(S)$.

Для того, чтобы рассчитать величины критических нагрузок, определяемые уравнениями (10)-(13), необходимо оценить параметры, входящие в эти уравнения. Ниже представлены способы расчета этих величин.

Кислотонейтрализующая способность почвенного раствора ANC_{le} .

Величина ANC_{le} определяется уравнением (2). Для кислых лесных почв величинами $HCO_{3,le}$ и $RCOO_{le}$ можно пренебречь, и тогда критическая величина ANC_{le} рассчитывается по следующему уравнению:

$$ANC_{le(crit)} = -Al_{le(crit)} - H_{le(crit)} = -Q([Al]_{crit} + [H]_{crit}), \quad (15)$$

где: Q -сток избыточного поступления осадков ($m^3/га/год$), то есть влага, удаляемая из корневой зоны растений, квадратные скобки означают концентрацию в экв/ m^3 [2]. Отношение между $[H]$ и $[Al]$ описывается уравнением химического равновесия Гиббса:

$$[Al] = K_{gibb}[H]^3 \text{ или } [H] = ([Al]/K_{gibb})^{1/3}, \quad (16)$$

где: K_{gibb} - коэффициент Гиббса. Его величина зависит от типа почвы. Чаще всего используется величина $K_{gibb} = 300 \text{ м}^6/\text{экв}^2$.

Для того, чтобы получить величину ANC_{le} необходимо определить или критическую концентрацию алюминия $[Al]$ или критическое рН почвы, а затем рассчитать другой параметр согласно уравнениям (16). Сток осадков рассчитывается как количество осадков минус сумма эвапотранспирации лесным пологом, почвенной эвапотранспирации и испарения в корневой зоне растений.

Трансформация азота.

Поглощение азота N_u зависит от величины выпадения основных катионов. Поглощение азота рассчитывается согласно следующему уравнению:

$$N_u = \min \{Ca_u/X_{Ca:N}, Mg_u/X_{Mg:N}, K_u/X_{K:N}, P_u/X_{P:N}\}, [\text{экв/га/год}] \quad (17)$$

где: Ca_u , Mg_u , K_u , P_u - поглощение катионов кальция, магния, калия и фосфора растительной биомассой, $X_{K:N}$ - соотношение питательных катионов X и азота в растительной биомассе.

Если не известны отдельные компоненты уравнения (17), то величина N_u рассчитывается следующим образом:

$$N_u = VC_u/X_{VC:N}, [\text{экв/га/год}] \quad (18)$$

где: VC_u - поглощение основных катионов растительной биомассой, $X_{VC:N}$ - соотношение основных катионов и азота в растительной биомассе.

Иммобилизация азота принимается равной 142-357 экв/га/год и зависит от соотношения углерода и азота в почвенном органическом веществе. Хотя при современном состоянии окружающей среды вследствие подкисления почв, кислотных дождей и увеличения биомассы из-за питательного воздействия выпадений азота иммобилизация азота может быть значительно выше.

Денитрификация. В самом простом случае денитрификация линейно зависит от общего поступления азота согласно условию: [2]

$$f_{de}(N_{dep} - N_i - N_u), \text{ если } N_{dep} > N_i + N_u \quad (19)$$

$N_{de} =$
0 в противном случае

Величина f_{de} связана с типом почвы и принимается равной 0,1 для почв легкого гранулометрического состава без процессов оглеения, 0,5- для песчаных огленных почв, 0,7- для почв тяжелого гранулометрического состава, 0,8- для торфяных почв [4].

Критическое вымывание азота. Этот параметр необходим для расчета величины критической нагрузки по питательному азоту (13). Относительно небольшие концентрации азота в почвенном растворе могут вызвать нарушение питательного статуса экосистемы, а при появлении значительного количества азота состав растительности может резко измениться, так как азотофильные виды получают более благоприятные условия для роста.

Критическое вымывание азота можно рассчитать из уравнения:

$$N_{le(crit)} = Q \cdot [N]_{crit}, [\text{экв/га/год}] \quad (20)$$

где: $[N]_{crit}$ - критическая концентрация азота в почвенном растворе, Q-сток избыточного поступления осадков (мм в год).

Величины критических нагрузок, определяемые уравнениями (10)-(13), не указывают на степень изменений в функционировании экосистемы, а только определяют допустимую величину воздействия. Поэтому, более важным является понятие превышения критической нагрузки.

Таким образом, величину критической нагрузки можно сравнить с реальной величиной выпадения загрязнителя для того, чтобы получить величины превышения:

$$Ex(S+N)=S_{dep}+N_{dep}-CL(S+N), \text{ [экв/га/год]} \quad (21)$$

Уравнения (10)-(13), используемые для расчета величин критических нагрузок, включают в себя количественную оценку максимально возможного числа параметров, характеризующих круговорот загрязнителей в экосистемах.

4.2. Расчет критических нагрузок соединений серы и азота в условиях отсутствия регулярной сети мониторинга.

Метод, описанный в разделе 4.1. рекомендован в качестве базового для расчета критических нагрузок Европейским координационным центром по воздействиям и успешно применяется во многих странах. Однако, использование этого метода возможно только для территорий, в которых с необходимой точностью и соответствующим пространственным разрешением производятся непосредственные измерения всех параметров, входящих в уравнения (16)-(19). Это характерно для европейских стран, которые имеют относительно небольшие площади и хорошо развитую сеть мониторинговых станций, производящих оценку загрязнения окружающей среды путем отбора проб с необходимой точностью и разрешением.

В связи с отсутствием на территории Российской Федерации регулярной сети станций по экологическому мониторингу, в работах Башкина В.Н. [8] предложена методология расчета критических нагрузок на основании уравнений простого массового баланса при упрощенном описании процессов путем определения входных параметров уравнений (10)-(13) через косвенные

показатели. Методология Башкина В.Н. позволяет определить критические нагрузки через внутренние характеристики экосистем и их производные показатели, такие как тип и текстура почвы, тип растительности, среднегодовая температура и т.д. [5, 6]

Для определения величины максимальной критической нагрузки по сере вместо уравнения (10) используется следующее:

$$CL_{max}(S) = Ct \times (BC_w - ANC_{le}) + (BC_{dep} - BC_u), \text{ [экв/га/год]} \quad (10a)$$

где: Ct - гидротермический коэффициент, характеризующий период года с температурой выше $5^\circ C$,

$$ANC_{le} = -Q * ([H]_{(crit)} + K_{gibb} * [H]_{(crit)}^3) \quad (15a)$$

где: Q – средний годовой объем влаги, просачивающейся через верхний почвенный слой, [мм/год];

$[H]_{(crit)}$ – критическое (пороговое) значение кислотности, (экв./м³);

K_{gibb} – константа Гиббса, (м⁶/экв²)

Величина $CL_{min}(N)$:

$$CL_{min}(N) = N_i^* + N_u^*, \text{ [экв/га/год]} \quad (11a)$$

где: * означает принадлежность отмеченных параметров к допустимым (критическим) величинам выпадений атмотехногенного азота на экосистему.

N_i^* - иммобилизация N атмосферных выпадений (экв/га/год/м).

N_u^* - поглощение почвенного N (экв/га/год/м) .

Нагрузка по питательному азоту:

$$CL_{nutr}(N) = CL_{min}(N) + N_1 + N_{de}^*. \text{ [экв/га/год]} \quad (13a),$$

где :

N_{de}^* - денитрификация N атмосферных выпадений.

N_1 - вымывание азота атмосферных выпадений

$$N_1 = Q \times N_{crit} \quad (22)$$

где: Q – средний годовой объем влаги, просачивающейся через верхний почвенный слой, [мм/год]

N_{crit} - критическая концентрация азота в почвенном растворе

Для количественной оценки величин, входящих в уравнения (10а), (11а), (12а) используются следующие методы.

Поглощение основных катионов:

$$BC_u = N_u^* \times N/BC, \text{ [экв/га/год]} \quad (23)$$

где: N/BC - величина, определяющая соотношение азота и основных катионов в растительной биомассе и обусловленная типом почвы.

Выветривание основных катионов:

$$BC_w = W_r \times D, \text{ [экв/га/год]} \quad (24)$$

где: коэффициент W_r определяет способность почвы к выветриванию – химическое выветривание почвенных минералов (экв/га/год/м), а D -толщина почвенного слоя, (см)

Процессы трансформации азота.

-поглощение азота почвы растительной биомассой:

$$N_u = (AMC - N_i - N_{de}) \times Ct, \text{ [экв/га/год]} \quad (25)$$

где: AMC - азотоминерализующая способность почвы [7], N_i - иммобилизация азота почвы (экв/га/год), N_{de} - денитрификация азота почвы (экв/га/год).

Поглощение азота атмосферных выпадений:

$$N_u^* = N_{upt} - N_u, \text{ [экв/га/год]} \quad (26)$$

где: N_{upt} -ежегодное поглощение азота растительностью, которое определяется исходя из условия (28), (экв/га/год):

$$N_{upt} = K1 \times \begin{cases} N_{upt} \times (1 - 1/C_b), & \text{если } C_b < 1 \\ N_{upt} \times 1/C_b, & \text{если } C_b \geq 1 \end{cases} \quad (27)$$

где: C_b -коэффициент биогеохимического круговорота, а коэффициент $K1$ зависит от типа экосистемы.

-Иммобилизация азота почвы:

$$N_i = K2 \times AMC / C_b, \text{ [экв/га/год]} \quad (28)$$

Коэффициент $K2$ определяется при соблюдении следующих условий:

$$\begin{aligned}
& 0,15, \text{ если } C:N < 10 \\
& 0,25, \text{ если } 10 \leq C:N \leq 14 \\
K2 = & 0,30, \text{ если } 14 \leq C:N \leq 20 \\
& 0,25, \text{ если } C:N \geq 20
\end{aligned} \tag{29}$$

-Иммобилизация азота атмосферных выпадений:

$$N_i^* = K2 \times N_{td} \times C_t / C_b, \text{ [экв/га/год]} \tag{30}$$

где: N_{td} - общий азот атмосферных выпадений (измеряется непосредственно) [экв/га/год], а коэффициент $K2$ определяется из условия (29).

-Денитрификация азота почвы:

$$N_{de} = K3 \times AMC + K4, \text{ [экв/га/год]} \tag{31}$$

где: коэффициент $K3$ принимается равным 0,145 [7], а коэффициент $K4$ определяется согласно условию:

$$\begin{aligned}
& 0,605 \text{ при } 10 < AMC < 60 \\
K4 = & 0,9 \text{ при } AMC < 10 \\
& 6,477 \text{ при } AMC > 60
\end{aligned} \tag{32}$$

-Денитрификация азота атмосферных выпадений:

$$N_{de}^* = N_{td} \times C_t \times N_{de} / AMC, \text{ [экв/га/год]} \tag{33}$$

Следовательно,

- минимальные критические нагрузки азота:

$$CL_{min}(N) = (N_i^* + N_u^*), \text{ [экв/га/год]} \tag{34}$$

-критические нагрузки питательного азота:

$$CL_{nutr}(N) = CL_{min}(N) + N_1 + N_{de}, \text{ [экв/га/год]} \tag{35}$$

-максимальные критические нагрузки серы:

$$CL_{max}(S) = C_t \times (BC_w - ANC_{le}) + (BC_d - BC_u), \text{ [экв/га/год]} \tag{36}$$

-максимальные критические нагрузки азота:

$$CL_{max}(N) = CL_{max}(S) + CL_{min}(N), \text{ [экв/га/год]}. \tag{37}$$

4.3. Исходные данные и входные параметры, необходимые для расчета критических нагрузок соединений серы и азота.

Исходными данными для расчета критических нагрузок соединений серы и азота в отсутствии регулярной сети мониторинга являются справочные данные,

картографический материал, материалы полевых исследований и т. п. В зависимости от территории, для которой необходимо произвести расчет значений критических нагрузок, источники информации могут различаться, это касается также детальности расчета.

На основании информации, которая необходима для расчета критических нагрузок, входные параметры можно условно разделить на три блока: физико-географический, почвенно-геохимический и фитоценотический. В дальнейшем, при непосредственном расчете критических нагрузок на экосистемы, вариации значений для этих блоков позволяют оценить устойчивость каждой экосистемы к техногенному воздействию.

Сбор геохимической и геофизической информации производится по двум направлениям:

- оценка воздействия атмосферных выпадений серы и азота на почвы;
- влияние растительности на биогеохимический круговорот азота и серы в пределах конкретных экосистем.

Такое разделение основывается на том, что различные вариации сочетания «почвы – растительность» дают различные уровни критических нагрузок. Поэтому первым этапом работ по сбору входных параметров является определение реципиентов - типов экосистем, характеризующихся сочетанием «почвы – растительность».

Наиболее полно исходные данные, необходимые для данного этапа исследования представлены для особо охраняемых территорий (ООПТ), где проводится регулярный мониторинг экосистем, имеется кадастровая информация, ландшафтные карты территорий, почвенные описания и описания растительных сообществ. Пространственные характеристики территорий ООПТ Российской Федерации можно получить из базы данных НП "Прозрачный мир" <http://www.transparentworld.ru/>, находящейся в свободном доступе. Данные о рельефе, поверхностных водах, климате, почвах, растительных сообществах содержатся на официальных сайтах ООПТ (например, <http://barguzinskiy.ru/> (Баргузинский заповедник), <http://www.laplandzap.ru/> (Лапландский заповедник)). Для получения сведений о территориях, не относящихся к ООПТ, и на которых не

проводится регулярный мониторинг, используются различные картографические и справочные материалы. Источниками информации могут являться тематические карты по географии России и мира, размещенные на сайте <http://geo10.ru/> (карта растительности равнинных и горных областей России, карта климатов земного шара, карта почв равнинных и горных областей России), карта растительности России - на сайте <http://mir-map.ru/440177.html>, почвенные карты: агроэкологический атлас России и сопредельных стран на сайте <http://www.agroatlas.ru>, где содержатся карты типов почв, мощность почвы, содержание органического вещества в почвах и т.п.; карты растительности, в т. ч. границы лесов, границы пахотных земель и почвенная карта России - <http://mir-map.ru/440150.html>. Источники исходных данных для расчета критических нагрузок соединений серы и азота представлены в приложении 1 настоящего порядка.

Для выделенных рецепторных участков определяются входные параметры для расчётов критических нагрузок азота и серы, среди которых можно выделить вводные (входные) и промежуточные. К первой группе относятся константы (C_N), коэффициенты (K_{gibb} , C_b , C_t и др.) и значения (N_{MC} , S_{td} , N_{td} и др), характеризующие свойства экосистемы. Они могут быть получены в результате предварительных расчётов или из фондовых источников и вводятся непосредственно в алгоритм расчёта, где используются в дальнейшем для расчёта промежуточных параметров и значений критических нагрузок на экосистему.

Промежуточные параметры (N_u , N_u^* , N_i , N_i^* , N_{de} , N_{de}^* , N_l , $ANC_{l(crit)}$) характеризуют некоторые биогеохимические процессы, протекающие внутри самой экосистемы, являются величинами, зависящими от свойств экосистемы (входных параметров), рассчитываются внутри базового алгоритма и используются программой только для расчёта конечных величин критических нагрузок. Полный список входных параметров, необходимых для расчета величин критических нагрузок соединений серы и азота, а также ссылки на их получение представлены в таблице 4.3.1.

Входные параметры, необходимые для расчета величин критических
нагрузок соединений серы и азота

№	Параметр, используемый для расчета критической нагрузки кислотности серы и азота	Ссылка
1	ANC _{le} - вымывание кислотонейтрализующей способности почвенного стока	формула 15а раздела 4.2.
2	BCd - выпадение основных катионов	данные Метеорологического синтезирующего центра «Восток»
3	BC _U - поглощение основных катионов	формула 23 раздела 4.2.
4	BC _w . вымывание основных катионов	формула 24 раздела 4.2.
5	C:N- отношение C:N в активном слое почвы	таблица 4.3.1. раздела 4.3.
6	C _b - коэффициент биогеохимического круговорота, как отношение массы элемента в ежегодном опаде к его массе в подстилке	таблица 4.3.1. раздела 4.3.
7	CN – максимально допустимое содержание азота в поверхностных водах	таблица 4.3.1. раздела 4.3.
8	C _t - коэффициент активных температур, характеризующий период года с температурой выше 5°C и равный отношению суммы температур выше 5°C к общей годовой сумме температур	http://www.agroatlas.ru , http://www.wolframalpha.com
9	D - толщина почвенного слоя	таблица 4.3.1. раздела 4.3.
10	Kgibb- константа Гиббса	таблица 4.3.1. раздела 4.3.
11	N:BC - отношение азота и основных катионов в растительной биомассе	таблица 4.3.1. раздела 4.3.
12	Nde - почвенная денитрификация N	формула 31 раздела 4.2.
13	Nde* - допустимая денитрификация азота атмосферных выпадений	формула 33 раздела 4.2.
14	Ni - почвенная иммобилизация N	формула 28 раздела 4.2.
15	Ni* - допустимая иммобилизация азота атмосферных выпадений	формула 30 раздела 4.2.
16	Nl - вымывание азота атмосферных выпадений	формула раздела 4.2.
17	AMC - азотоминерализующая способность почв	таблица 4.3.1. раздела 4.3.
18	Ntd - суммарные выпадения N, сухие + влажные (NO _x +NH _x)	Расчеты выпадений проводятся ОАО «НИИ Атмосфера» с использованием открытых кодов модели EMEP, разработанной Метеорологическим синтезирующим центром «Восток» (МСЦ «Восток»).
19	Std- выпадение серы	_____ " _____
20	Nu - почвенное поглощение N	формула 24 раздела 4.2.

21	Nu*- допустимое поглощение атмосферных выпадений растительностью	формула 25 раздела 4.2.
22	Nupt - поглощение N растительностью	таблица 4.3.1. раздела 4.3.
23	Q - средний годовой объем влаги, просачивающейся через почвенный слой верхний	http://www.wolframalpha.com
24	Wr - химическое выветривание основных катионов из активного слоя почвы	таблица 4.3.1. раздела 4.3.

Важными физико-географическими параметрами для расчета критических нагрузок являются режим выпадения осадков и общий характер изменения температуры. Сведения по климатическим характеристикам территорий Российской Федерации размещены в Агроэкологическом атласе России и сопредельных стран (<http://www.agroatlas.ru>), где содержатся климатические карты, в т. ч. карты количества дней в году с температурой выше 0°, 5°, 10°, 15° и 20°, карты сумм активных температур выше 0°, 5°, 10°, 15° и 20°, карты сумм осадков за период с активной температурой выше 0°, 5°, 10°, 15° и 20° и т. п.

Данные по среднемесячной температуре воздуха метеостанций, усредненные за 30 лет, содержатся на сервере "Погода России" <http://meteo.infospace.ru>. Пример получения данных для метеостанции Петрозаводск, республика Карелия с использованием сервере "Погода России" представлен в приложении 2.

Научная база данных WolframAlfa (<http://www.wolframalpha.com>) может быть использована для получения данных по температурным характеристикам и осадкам. В приложении 3 приведен пример получения климатических данных для Иркутска с использованием WolframAlfa.

Вводные параметры W_r , D , $C:N$, AMC , C_b , CN , $N:BC$, $Nupt$, $Kgibb$, систематизированные в работе [8] в зависимости от различных типов экосистем, могут быть использованы для расчёта промежуточных параметров (табл. 4.3.1).

Таблица 4.3.1.

Параметры, используемые для расчета величин критических нагрузок серы и азота для различных типов экосистем

Почвы (FAO)	W_r	D	$C:N$	AMC	C_b	CN	$N:BC$	$Nupt$	$Kgibb$
-------------	-------	-----	-------	-------	-------	------	--------	--------	---------

Orthic acrisols	250	0,3	9,00	65	1,50	0,65	0,95	65	300
Chromic cambisols	1750	0,50	16,67	85	2,00	0,70	0,60	80	250
Eutric cambisols	2750	0,75	13,50	110	1,50	0,75	1,00	85	100
Haplic chernozems	3000	1,00	12,80	150	0,90	1,00	1,20	125	100
Calcic chernozems	3500	1,00	12,00	120	1,00	1,00	1,20	115	100
Luvic chernozems	2750	1,00	12,00	110	1,20	1,00	0,80	100	100
Podzoluvisols	750	0,30	16,67	50	5,00	0,50	0,70	35	300
Dystric podzoluvisols	250	0,30	14,29	45	7,00	0,50	0,70	25	300
Eutric podzoluvisols	750	0,30	17,14	55	6,00	0,50	0,80	40	200
Rendzinas	2250	0,50	20,00	90	3,00	0,70	0,80	50	100
Mollic gleysols	1750	0,30	17,50	40	6,00	0,40	0,70	30	300
Lithosols	250	0,20	8,33	15	7,00	0,30	0,80	10	1500
Dystric fluvisols	750	0,50	11,11	50	3,00	0,50	0,80	30	300
Eutric fluvisols	1750	0,50	13,00	75	2,50	1,00	1,20	50	300
Haplic kastanozems	3500	1,00	12,27	105	0,80	1,20	1,40	75	150
Calcic kastanozems	3500	1,00	12,80	100	0,5	1,20	1,35	75	150
Luvic kastanozems	3000	1,00	13,89	100	1,10	1,20	1,10	75	150
Gleyic luvisols	2250	0,50	16,25	100	0,90	0,50	0,70	80	250
Orthic luvisols	1750	0,50	18,33	80	2,00	0,50	0,60	45	250
Orthic greyzems	750	0,50	24,00	30	20,00	0,80	0,10	20	200
Dystric histosols	250	0,20	26,00	36	20,00	0,80	0,10	22	9,5
Gelic hystosols	250	0,25	8,75	25	7,00	0,20	0,70	20	9,5

Gleyic podzols	250	0,25	12,86	20	7,00	0,20	0,70	15	300
Orthic podzols	125	0,25	9,00	18	6,00	0,15	0,70	12	300
Cambic arenosols	250	0,20	8,00	18	5,00	0,10	0,70	10	1500
Gelic regosols	3000	1,00	15,00	45	1,30	1,50	1,30	70	2000
Orthic solonetz	3000	1,00	16,00	35	0,70	1,60	1,10	50	200
Halpic xerosols	3000	1,00	16,67	30	0,80	1,50	1,10	50	950
Luvic xerosols	3500	1,00	18,75	25	0,80	2,00	0,90	30	950
Gleyic solonchaks	3500	1,00	18,75	22	0,80	2,00	0,90	30	300
Orthic solonchaks	3500	1,00	20,00	23	0,82	2,20	0,95	30	300

Значения выпадений основных катионов (BCd) принимаются по данным Метеорологического синтезирующего центра «Восток» (МСЦ «Восток»). Расчеты выпадений соединений азота и серы на подстилающую поверхность (Ntd, Std) проводятся ОАО «НИИ Атмосфера» с использованием открытых кодов модели ЕМЕР, разработанной Метеорологическим синтезирующим центром «Восток» (МСЦ «Восток»).

Однако, для детального изучения территории с целью определения более точных значений входных параметров необходимы непосредственные полевые измерения. Ряд входных параметров может быть получен в рамках выполнения инженерно-экологических изысканий при строительстве и реконструкции промышленных объектов и сооружений.

Данные об объемах выбросов загрязняющих веществ на территориях субъектов РФ, городах и населенных пунктах можно получить по данным обзоров по выбросам загрязняющих веществ территориальных органов Росприроднадзора, данных Росстата по количеству потребляемого топлива, выпускаемой продукции, автотранспорту и т.п.

Для получения детальных сведений о физико-географических характеристиках экосистем могут использоваться справочные и научные издания, пример использования которых представлен в приложении 4 к настоящему порядку.

Целесообразно, но наименее доступно использование ГИС-проектов, разработанных для исследуемых территорий. Для данных ГИС-проектов характерна большая точность и пространственная координированность данных. В ГИС-проектах содержится пространственно координированная информация о типах почв, растительности, ландшафтах. Информация о реализуемых ГИС-проектах, в рамках которых можно получить данные с результатами дистанционного зондирования ряда территорий, для которых проводятся исследования с применением ГИС-технологий, содержится на сайте <http://www.dataplus.ru>.

5. Оценка превышения критических нагрузок соединений серы и азота.

Оценка превышения критических нагрузок соединений серы и азота производится по формуле:

$$Ex(S+N) = S_{dep} + N_{dep} - CL(S+N) \quad (38)$$

В зависимости от площади исследуемой территории расчет может производиться по квадратам расчетной сетки с различной площадью: 150 × 150 км, 50×50 км, 10×10 км, 5×5 км и менее. Для данных квадратов в ОАО «НИИ Атмосфера» с использованием открытых кодов модели ЕМЕР, разработанной Метеорологическим синтезирующим центром «Восток» (МСЦ «Восток»), производится расчет выпадений соединений азота и серы на подстилающую поверхность. Выбор шага сетки определяется конкретными задачами, решаемыми в каждом отдельном случае. Для расчетов выпадений внутри отдельного субъекта РФ рекомендуется шаг равный 25 км или менее. Для расчетов межсубъектового атмосферного загрязнения территории можно использовать более крупный шаг, например, 50 км. Для данных квадратов в ОАО "НИИ Атмосфера" с использованием открытых кодов модели ЕМЕР, разработанной Метеорологическим синтезирующим центром «Восток» (МСЦ «Восток»), производится расчет выпадений соединений азота и серы на подстилающую поверхность.

В целях оценки превышения критических нагрузок производится расчет существующего уровня загрязнения в ячейках расчетной сетки, при котором могут учитываться поступление загрязняющих веществ от внутренних (собственных) источников и поступление загрязняющих веществ от внешних источников загрязнения.

Поскольку ответственными за существование (возникновение) зон превышений критических нагрузок могут быть как собственные, так и внешние источники загрязнения, то значение превышения выпадения над критической нагрузкой в ячейке можно представить уравнением следующего вида:

$$D_{ep} = V_{c_{ij}} + V_{вн_{ij}} \quad (39)$$

где: D_{ep} – выпадение загрязняющих веществ на подстилающую поверхность, мг/м²

$V_{c_{ij}}$ – выпадение от собственных источников загрязнения субъекта в ячейке сетки с координатами (i,j), мг/м² в год;

$V_{вн_{ij}}$ - выпадение от внешних источников загрязнения в ячейке сетки с координатами (i,j), мг/м² в год.

Если при существующем уровне загрязнения наблюдаются превышения критических нагрузок, то необходимо установить источники ответственные за превышения критических нагрузок и определить их территориальную принадлежность к рассматриваемому субъекту.

Если превышение критических нагрузок обусловлено воздействием собственных источников, то, в этом случае, органы исполнительной власти субъекта РФ имеют возможность управления уровнем загрязнения окружающей среды путем снижения выбросов от существующих объектов хозяйственной и иной деятельности, расположенных на его территории.

Если превышение критических нагрузок обусловлено воздействием внешних источников, расположенных на территории Российской Федерации то, в этом случае, органы исполнительной власти субъекта РФ, где расположены

данные объекты должны быть проинформированы с целью принятия мер по снижению выбросов от данных объектов хозяйственной и иной деятельности.

6. Картирование критических нагрузок.

Картографирование критических нагрузок по азоту, сере согласно международным методикам предусматривает наличие электронной карты экосистем, привязанной к сетке ЕМЕР.

Следует отметить, что векторных карт, охватывающих всю территорию РФ или территории субъектов РФ, очень немного. Как правило, они имеют высокий уровень генерализации и отображают различные виды административно-территориального деления (области, районы), населённые пункты, пути сообщения, водные объекты (реки, озёра). Доступных карт растительности и почв в векторном формате нет. Таким образом, готовые электронные карты не несут на себе требуемой тематической информации, а имеющиеся тематические векторные карты не охватывают всю территорию Российской Федерации и отличаются излишней подробностью, затрудняющей картирование критических нагрузок.

Для создания векторной карты экосистем территории отбор опубликованных картографических материалов должен удовлетворять следующим требованиям:

- картографическая основа должна охватывать всю изучаемую территорию;
- отображённая информация должна учитывать все последние изменения на местности и результаты новейших исследований почв и растительности изучаемой территории;
- генерализация и масштаб картографической основы соответствуют задачам визуализации имеющейся информации об экосистемах для расчёта и картирования критических нагрузок согласно международным требованиям.

Работа по созданию векторной карты экосистем состоит из следующих этапов.

- подготовка растровой основы
- дигитализация (оцифровка) растровой основы

- проверка векторной информации
- преобразование векторных данных
- создание интегрированной карты экосистем территории.

В результате расчёта критических нагрузок в качестве выходной информации получают значения критических нагрузок серы и азота для каждого выделенного типа экосистемы в соответствии с комбинацией почвенно-растительных условий. Число экосистем, также как и значения критических нагрузок для них в пределах одного квадрата будет колебаться в широких пределах. При этом значения выпадений закисляющих загрязняющих веществ являются величиной постоянной для всех экосистем квадрата, полученной на основании результатов моделирования.

По международным методикам картирования [17,18] для оценки устойчивости всех экосистем в пределах квадрата принято использовать уровень 95% защищённости. Термин «95-ти процентная защищенность» означает, что от вредного воздействия защищены экосистемы, занимающие суммарно не менее 95 % площади клетки.

7. Порядок организации разработки и использования критических нагрузок соединений серы и азота в природоохранной деятельности Российской Федерации.

7.1. Критические нагрузки для территории Российской Федерации разрабатываются с целью:

- предоставления национальных данных по отчетности и разработке экологической политики в рамках Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния;
- разработки проектов документов территориального планирования субъекта Российской Федерации;

- разработки проектов "Оценка воздействия на окружающую среду" и "Перечня мероприятий по охране окружающей среды" для строительства и реконструкции предприятий и сооружений;
- установления нормативов выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, обеспечивающих соблюдение нормативов допустимого воздействия на окружающую среду.

7.2. Разработка критических нагрузок для природных территорий субъектов Российской Федерации производится по инициативе Минприроды России или органов исполнительной власти субъекта РФ в лице специально уполномоченных органов в области охраны окружающей среды, в ведении которых находятся природные территории.

7.3. Разработчиком критических нагрузок могут являться научно-исследовательские институты и другие специализированные организации, независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности, работающие в области охраны окружающей среды или смежных с нею областях.

7.4. Проведение научно-исследовательских работ по установлению численных значений экологических нормативов качества атмосферного воздуха. в том числе критических нагрузок, выполняется в установленном законодательством Российской Федерации порядке.

7.5. Величины критических нагрузок для субъектов РФ устанавливаются и утверждаются Минприроды России. В случае отсутствия утвержденных нормативов критических нагрузок органы исполнительной власти субъекта Российской Федерации по согласованию с территориальными органами Минприроды России могут устанавливать региональные нормативы критических нагрузок по методикам расчета и картирования критических нагрузок, рекомендованным к использованию Минприроды России.

7.6. Контроль за соблюдением установленных нормативов критических нагрузок осуществляется на основе выполняемых 1 раз в пять лет расчетных оценок превышений по методике рекомендованной к применению в установленном порядке. Территориальные органы Росприроднадзора, исходя из результатов выполненных оценок, определяют территории, на которых

отмечаются превышения установленных нормативов критических нагрузок и выявляют предприятия, ответственные за эти превышения. Для каждого из предприятий устанавливается величина допустимого вклада в формирование уровней критических нагрузок.

Установленные величины допустимых вкладов территориальные органы Росприроднадзора направляют на предприятия с предписанием о необходимости их учета при разработке нового или корректировки действующего проекта нормативов ПДВ. В рамках формирования проекта нормативов ПДВ разрабатывается комплексный план мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, обеспечивающий не превышение гигиенических, экологических и предельно допустимых критических нагрузок.

7.7. Минприроды России организует формирование обобщенных перечней значений критических нагрузок, периодическое тиражирование отдельным сборником и распространение их по заявкам заинтересованных организаций.

7.8. Установленные значения критических нагрузок помещаются в федеральный и соответствующие территориальные банки данных по охране окружающей среды и рассылаются по организациям по их запросам.

7.9. В соответствии с российским законодательством пересмотр значений критических нагрузок производится раз в пять лет.

7.10. Все спорные вопросы, связанные с разработкой, согласованием и утверждением критических нагрузок, рассматриваются Минприроды России, либо в установленном законодательством порядке судебными органами.

8. Перспективы развития направления по расчету критических нагрузок соединений серы и азота в природоохранной деятельности Российской Федерации.

8.1. В рамках развития направления по расчету критических нагрузок соединений серы и азота в природоохранной деятельности Российской Федерации и гармонизации европейского (метод ССЕ Конвенции) и российского (методика Башкина В.Н.) методов расчета предлагается следующее:

провести расчет критических нагрузок по двум методам и анализ данных методов на примере ряда территорий Российской Федерации. В качестве таких территорий могут быть предложены районы, где функционируют мониторинговые станции Янискоски, Пинега, Данки, Лесной заповедник, проводимые наблюдения в рамках "Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-range Transmission of Air Pollutants in Europe – EMEP". Работы по программе ЕМЕП на данных станциях предусматривают регулярную оценку реальных величины выпадений серы и азота. Учитывая необходимость измерения для расчета критических нагрузок по методу ССЕ Конвенции геохимических показателей почвы и др. показателей, целесообразно на базе данных станций организовать комплексные экологические исследования.

8.2. С целью вовлечения Российской Федерации в работы в рамках Конвенции ТЗВБР целесообразно увеличить количество станций комплексного экологического мониторинга на территории Российской Федерации, сосредоточив их в районах воздействия крупных промышленных комплексов и предприятий для контроля превышений выпадений серы и азота над величинами критических нагрузок.

8.3. Создание единой базы данных, содержащей необходимые для расчета критических нагрузок показатели, основанной на полевых, инженерно-экологических изысканиях, результатах регулярного мониторинга, проводимого на ООПТ.

Список литературы

- 1) Manual on methodologies and criteria for modeling and mapping critical loads and levels and Air Pollution Effects, Risks and Trends: UN ECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution. – www.icpmapping.com, 2004. – 204 pp.
- 2) De Vries W., Posch M., Reinds G. J., Kamari J. Critical Loads and their exceedances on forest soils in Europe. The Winand Staring Centre for Integrated Land, Soil and Water Research. Rep. 58. Wageningen, The Netherlands, 1993, 116 p.
- 3) Posch M., Hetteling J.-P., Sverdrup H. Guidelines for the Computation and Mapping of Critical Loads and Exceedance in Europe// Proc. 3d CCE meeting. 15-19 March, 1993. Madrid, 1993
- 4) Breeuwsma A., Chardon J.P., Kragt J.F., De Vries W. Pedotransfer functions for denitrification// Nitrate in Soils. Commission of the European Communities, 1991. P.207-215
- 5) Bashkin V.N., Priputina I.V., Tankanag A.V. et al. NFC Report for Russian Federation. Calculation and Mapping of Critical Thresholds in Europe. Status Report, 1995, No 259101005, CCE/RIVM. M. Posch, P.A.M. de Smet, J.-P. Hettelingh, R.J. Downing- eds. Bilthoven, The Netherlands, 1995. P.143-157
- 6) Башкин В.Н., Танканаг А.В. Оценка устойчивости восточно-европейских экосистем к атмотехногенному поступлению серы и азота// Проблемы региональной экологии. 2001. №4. С.15-29
- 7) Башкин В.Н. Агрогеохимия азота. Пушино: ОНТИ НЦБИ, 1987, 268 с.
- 8) Башкин В.Н., Касимов Н.С. Биогеохимия, М., Научный мир, 2001, 648 с.
- 9) Макунина А.А. Физическая география СССР. М.: Изд-во Моск. ун-та. 1985. 296 с.
- 10) Справочник по климату СССР. Выпуск 2. Мурманская область. Часть II Температура воздуха и почвы. Л., 1965, Гидрометеорологическое издательство.

- 11) CCE Status report 2011 Modelling Critical Thresholds and Temporal Changes of Geochemistry and Vegetation Diversity
- 12) UBA (2004) Mapping Manual for modelling and mapping of critical loads and their input data. 2004. <http://www.icpmapping.org>.
- 13) Белов Н.П., Барановская А.В. Почвы Мурманской области. Л.: Наука. 1969. 148 с
- 14) Лукина Н.В., Никонов В.В. Биогеохимические циклы в лесах Севера в условиях аэротехногенного загрязнения. В 2-х ч. Ч.1. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН. 1996а. 213 с.
- 15) Лукина Н.В., Никонов В.В. Биогеохимические циклы в лесах Севера в условиях аэротехногенного загрязнения. В 2-х ч. Ч.2. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН. 1996б. 192 с.
- 16) Лукина Н.В., Горбачева Т.Т., Никонов В.В., Стайннес Е. Состав и свойства вод Al-Fe-гумусовых подзолов северо-таежных лесов в условиях промышленного загрязнения // Рассеянные элементы в бореальных лесах. М.: Наука. 2004. С.144-150.
- 17) Manual on methodologies for mapping critical loads/levels and geographical areas where they are exceeded: UN ECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution. Berlin., 1996. – 204 pp.
- 18) Обзор Состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации в 2011 году. М.: 2010. – 256 с.

Приложение 1

Источники исходных данных для расчета критических нагрузок соединений
серы и азота

Характеристика	Источники данных
Климат	Погода России http://meteo.infospace.ru - база данных по среднемесячной температуре воздуха (данные метеостанций России, усредненные за 30 лет)
	WolframAlfa http://www.wolframalpha.com - научная база данных. Имеются данные по температуре и осадкам за период с 1933 года. (Также в Wolfram Alpha содержатся краткая общегеографическая информация)
	Климатические карты
	Справочники по климату регионов (Например, Справочник по климату СССР, Части "Температура воздуха и почвы", "Осадки")
Почвы	Почвенные карты (http://www.agroatlas.ru . Агроэкологический атлас России и сопредельных стран; http://mir-map.ru/440150.html Почвенная карта России на сайте mirmap.ru)
	Справочники по почвам (Справочники по почвам регионов и по почвам России), научные издания.
	ГИС-проекты, разработанные для территорий
	Ландшафтные карты
Растительность	Ландшафтные карты
	Карты растительности регионов, научные издания, основанные на полевых исследованиях.
	Карта растительности России на сайте mirmap.ru http://mir-map.ru/440177.html
	ГИС-проекты, разработанные для территорий
	Спутниковые снимки (Google Earth - информация находится в свободном доступе, но слабо детализирована)
Антропогенная нарушенность территории	Данные территориальных органов Росприроднадзора.
	Экологические атласы и карты
	Экологические ведомства регионов (контактная информация ведомств и

	экологических организаций доступна на сайте Гильдия экологов (http://www.ecoguild.ru в разделе "Экология регионов")
Выпадения загрязняющих веществ и основных катионов	Данные Метеорологического синтезирующего центра «Восток» (МСЦ «Восток»). Расчеты ОАО «НИИ Атмосфера» с использованием открытых кодов модели EMEP, разработанной Метеорологическим синтезирующим центром «Восток» (МСЦ «Восток»).
	Обзоры по выбросам загрязняющих веществ территориальных органов Росприроднадзора, данные Росстата по количеству потребляемого топлива, выпускаемой продукции, автотранспорту и т.п.
	ГИС-проекты, разработанные для территорий (данные по выпадениям загрязняющих веществ и выпадениям основных катионов)

Приложение 2

Пример получения данных для метеостанции Петрозаводск, республика Карелия с использованием сервера "Погода России"

Среднесуточная температура
Петрозаводск (Карелия)

Средние температуры рассчитаны на основе 30-летнего периода наблюдений. Значения в таблице в градусах Цельсия (°C)

Т, °C	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек
Средняя за месяц	-10	-10	-5	+1	+8	+13	+16	+14	+9	+3	-2	-7
Диапазон по дням	-10..-9	-10..-8	-8..-2	-2..+4	+5..+11	+11..+16	+16..+17	+12..+16	+6..+12	+0..+6	-5..+0	-9..-5

Климатические данные
Рассчитаны на основе 30-летнего периода наблюдений

А Б В Г Д Е Ж З И Й К Л М Н О П Р
С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Ъ Э Ю Я *Выборка*

Карелия

----- Выберите страну -----

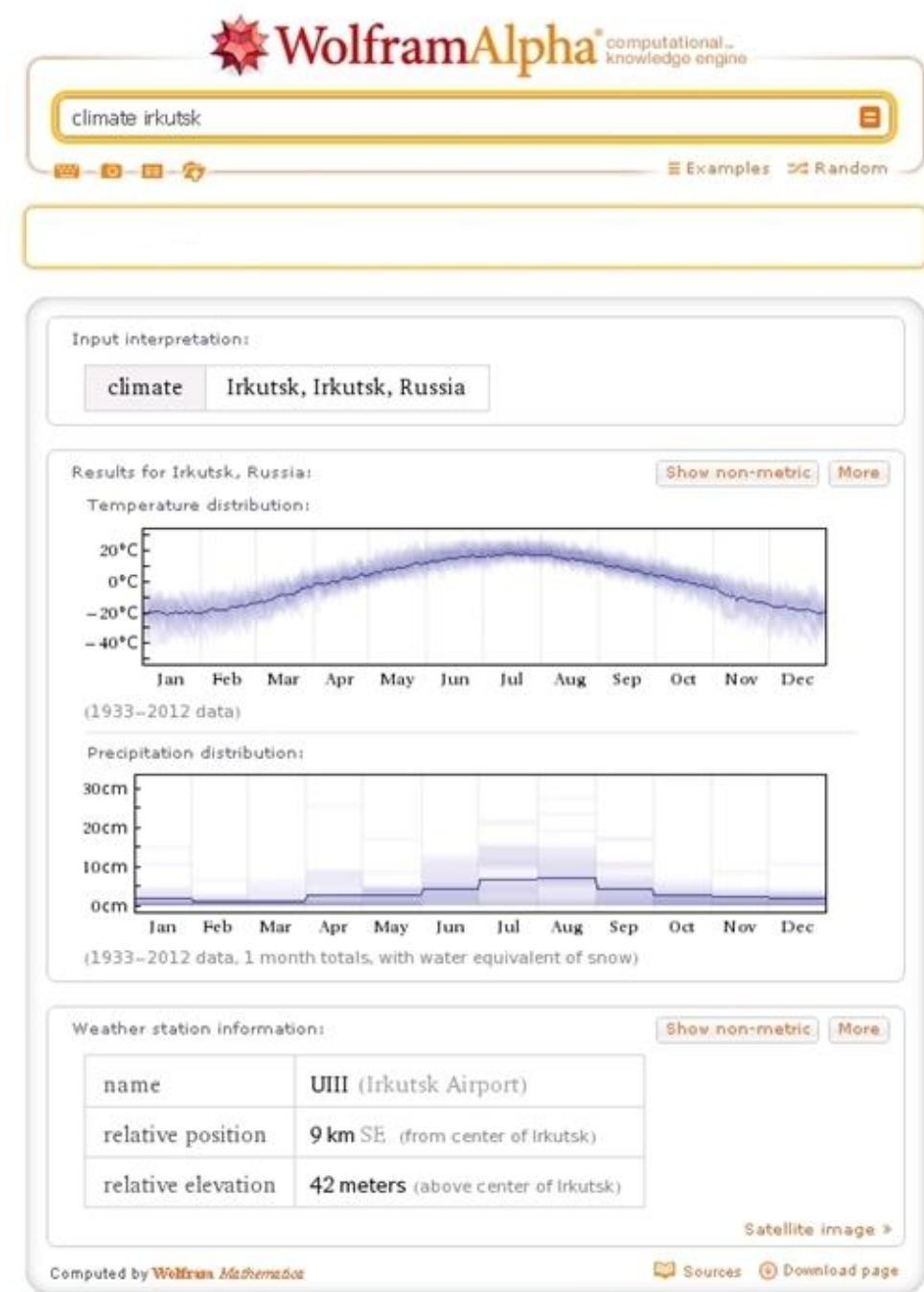
Строка поиска

Поиск по индексу станции

[Содержание](#) [English](#) / [WIN](#) / [KOI](#)

	Индекс	Станция - Координаты	Регион
1	22422	Гридино (65°53'N - 34°46'E)	Карелия
2	22820	Петрозаводск (61°49'N - 34°16'E)	Карелия
3	22621	Сегежа (63°43'N - 34°17'E)	Карелия

Пример получения климатических данных для Иркутска с использованием WolframAlfa.



Пример расчета критических нагрузок для природных экосистем

ГПЗ «Пасвик».

Государственный природный заповедник «Пасвик» расположен на крайнем северо-западе Кольского полуострова вдоль государственной границы России и Норвегии. Заповедник состоит из двух неравных частей, которые лежат по обе стороны от государственной границы, проходящей по фарватеру реки Паз. Российская часть заповедника входит административно в Печенгский район Мурманской области. Вся территория его лежит на правом (восточном) берегу реки Паз и находится между государственной границей и линией специальных заграждений, протянутых вдоль дороги Никель - Раякоски. Заповедник протянулся с севера на юг на 44 км вдоль правого берега реки Паз, основная часть заповедной территории представлена лесами (44%), болотами (29%), акваторией (22%). По официальным документам площадь равна 14427 га. Целью охраны заповедника является сохранение водно-болотных угодий как мест гнездования и обитания многочисленных водоплавающих птиц: уток, гусей, болотных птиц и лебедей-кликунов. Близость расположения крупного промышленного предприятия – ОАО «Кольская ГМК» предопределила необходимость мониторинга состояния экосистем в целом и их отдельных компонентов именно в свете аэротехногенного влияния. Выбор территории заповедника для расчета критических нагрузок определен большим объемом наблюдений за состоянием экосистем, близостью крупного металлургического предприятия и приграничным положением.

На начальном этапе работ по расчету критических нагрузок произведено детальное изучение территории с помощью картографических и справочных материалов, к ним относятся:

1. Поликарпова Н. В. Ландшафтная карта заповедника «Пасвик» как научная основа «Летописи природы»: Дис. ... канд. геогр. наук. М., 2006. 255 с. Рукопись. Архив заповедника «Пасвик».,

2. Мошников С.А., Крутов В.И. К оценке состояния лесов заповедника «Пасвик» // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения. Материалы докладов III Всероссийской научной конференции с международным участием. Часть 1. Апатиты, Издательство Кольского НЦ РАН. 2010. С.116-119.,
3. Хлебосолов Е.И., Поликарпова Н.В., Хлебосолова О.А., Зацаринный И.В., Трущицына О.С., Зуев Н.В. Экологический мониторинг состояния природной среды в районе действия ОАО «Кольская ГМК» (промплощадки «Никель», «Заполярный» и территория заповедника «Пасвик») // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения. Материалы всероссийской конференции с международным участием (14-16.10.2008, г. Апатиты, Кольский научный центр РАН). Ч.1. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2008. С. 168-173.).
4. Материалы полевых исследований по описанию биогеоценозов, почвенных разрезов.
5. Летопись природы заповедника «Пасвик» Кн. 13 (2006) Сб./Сост. и отв. редактор Н.В. Поликарпова; Государственный природный заповедник «Пасвик»-Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН. 2011 218с.
6. Летопись природы заповедника «Пасвик» Кн. 14 (2007) Сб./ Сост. и отв. редактор Н.В. Поликарпова Государственный природный заповедник «Пасвик» -Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН. 2011. - 260 с

На основе изученных материалов территория заповедника была разделена на 10 типов экосистем, для каждого из которых выделен тип почв и растительности (табл. 1).

Таблица 1.

Типы экосистем заповедника «Пасвик»

Тип экосистемы	Тип почвы	Название почвы
----------------	-----------	----------------

Березняк кустарничково-лишайниковый на месте недавней вырубки	Подзолистые	Маломощные иллювиально-железистые подзолы на речном аллювии, подстилаемом флювиально-гляциальными отложениями, свежие
Березняк приречный	Пойменно-дерновые	Пойменные иллювиально-дерновые оподзоленные песчаные слабо завалуненные свежие
Березняк бруснично-злаковый	Подзолистые	Аллювиально-дерновые оподзоленные щебнисто-галечниково-песчаные свежие
Сосняк ерничково-сфагновый	Болотные	Торфянисто-перегнойные с признаками оглеения песчаные завалуненные мокрые
Сосново-березовый лес зеленомошно-кустарничковый	Подзолистые	Иллювиально-гумусовые подзолы суглинистые завалуненные свежие
Сосняк лишайниково-мохово-кустарничковый	Подзолистые	Иллювиально-гумусовые подзолы с признаками оглеения песчаные завалуненные влажные
Сосняк лишайниковый (беломошник)	Подзолистые	Маломощные иллювиально-железистые подзолы песчаные завалуненные сухие
Сосняк-брусничник	Подзолистые	Иллювиально-гумусовые подзолы щебнисто-супесчаные завалуненные свежие
Сосняк сфагново-кустарничковый	Подзолистые	Иллювиально-гумусовые подзолы песчаные сильно завалуненные мокрые
Березняк приручейный	Дерново-подзолистые	Дерновые слабооподзоленные иллювиально-гумусовые почвы супесчаные слабозавалуненные влажные
Сосняк зеленомошно-вороничный (горный)	Горно-подзолистые	Горные гумусово-иллювиальные глееватые подзолы супесчаные сильно завалуненные влажные

Березняк горный	Горно-дерновые	Горные дерновые слабоподзоленные иллювиально-гумусовые супесчаные почвы на делювии коренных пород
Березовое криволесье (горное)	Горно-подзолистые	Горные иллювиально-гумусовые подзолы слабоогленные песчаные на элювии коренных пород
Кустарничково-лишайниковая горная тундра	Горно-тундровые	Примитивные перегнойно-щебнистые свежие на обнажениях коренных пород

Далее для выделенных типов экосистем по таблице 4.3.1 настоящего порядка определяются значения входных параметров, зависящие от типов почв. (W_r -химическое выветривание почвенных минералов, экв/га/год/м почвенного профиля, D -верхний активный слой почвы, $C:N$ - отношение $C:N$ в верхнем почвенном горизонте, AMC - азотоминерализующая способность почв, C_b -коэффициент биогеохимического круговорота, как отношение массы элемента в ежегодном опаде к его массе в подстилке, C_N - максимально допустимое содержание азота в поверхностных водах, $N:BC$ - отношение азота и основных катионов в растительной биомассе, N_{upt} - годовое поглощение азота, K_{gibb} - константа Гиббса).

Таблица 2.

Значения входных параметров для типов экосистем заповедника «Пасвик».

Название почвы	Тип экосистемы	C_b	$C:N$	AMC	C_N	W_r	D	K_{gibb}	$N:BC$	N_{upt}
Маломощные иллювиально-железистые подзолы на речном аллювии, подстилаемом флювиально-гляциальными	Березняк кустарничково-лишайниковый на месте недавней вырубki	6	17,14	55	0,5	750	0,3	200	0,8	40

отложениями, свежие										
Пойменные иллювиально- дерновые оподзоленные песчаные слабо завалуненные свежие	Березняк приречный	3	11,11	50	0,5	750	0,5	300	0,8	30
Аллювиально- дерновые оподзоленные щебнисто- галечниково- песчаные свежие	Березняк бруснично- злаковый	6	17,14	55	0,5	750	0,3	200	0,8	40
Торфянисто- перегнойные с признаками оглеения песчаные завалуненные мокрые	Сосняк ерниково- сфагновый	20	26,00	36	0,8	250	0,2	9,5	0,1	22
Иллювиально- гумусовые подзолы суглинистые завалуненные свежие	Сосново- березовый лес зеленомошно- кустарничковый	5	16,67	50	0,5	750	0,3	300	0,7	35
Иллювиально- гумусовые подзолы с признаками оглеения песчаные завалуненные влажные	Сосняк лишайниково- мохово- кустарничковый	7	12,86	20	0,2	250	0,25	300	0,7	15
Маломощные иллювиально-	Сосняк лишайниковый	6	9,00	18	0,15	125	0,25	300	0,7	12

железистые подзолы песчаные завалуненные сухие	(беломошник)									
Иллювиально- гумусовые подзолы щебнисто- супесчаные завалуненные свежие	Сосняк- брусничник	5	16,67	50	0,5	750	0,3	300	0,7	35
Иллювиально- гумусовые подзолы песчаные сильно завалуненные мокрые	Сосняк сфагново- кустарничковый	5	16,67	50	0,5	751	0,3	300	0,7	35
Дерновые слабоподзоленные иллювиально- гумусовые почвы супесчаные слабозавалуненные влажные	Березняк приручейный	5	16,67	50	0,5	750	0,3	300	0,7	35
Горные гумусово- иллювиальные глееватые подзолы супесчаные сильно завалуненные влажные	Сосняк зеленомшно- вороничный (горный)	1,5	9,00	65	0,65	250	0,3	300	1	65
Горные дерновые слабоподзоленные иллювиально- гумусовые супесчаные почвы на делювии коренных пород	Березняк горный	1,5	9,00	65	0,65	250	0,3	300	1	65
Горные иллювиально-	Березовое криволесье	1,5	9,00	65	0,65	250	0,3	300	1	65

гумусовые подзолы слабоогленные песчаные на элювии коренных пород	(горное)									
Примитивные перегнойно-щебнистые свежие на обнажениях коренных пород	Кустарничково-лишайниковая горная тундра	1,5	9,00	65	0,65	250	0,3	300	1	65

Величина Q (средний годовой объем влаги, просачивающейся через верхний почвенный слой) определен при помощи картографического материала [9] и составляет для данной территории 500 мм/год.

Коэффициент активных температур C_t получен расчетным путем по данным [10]. Он равен отношению суммы температур выше 5°C к общей годовой сумме температур и составляет 0,11.

Значения выпадений основных катионов (BC_d) были приняты по данным МСЦ «Восток», а значения выпадений соединений азота и серы на подстилающую поверхность (N_{td} , Std) по данным расчетов ОАО «НИИ Атмосфера» с использованием открытых кодов модели EMEP. По кадастровой информации были определены географические координаты крайних точек заповедника, далее с помощью программы ArcviewGis крайние точки были нанесены на топоному и определены номера квадратов сетки EMEP 50×50 км, в которые попадает территория заповедника: 46089, 46090, 47089. Для упрощения расчетов значения выпадений по трем квадратам были усреднены.

Затем были рассчитаны значения промежуточных входных параметров по формулам методики [8] для каждого типа экосистем заповедника «Пасвик».

N^*_i - иммобилизация азота атмосферных выпадений рассчитывается согласно уравнению:

$$N^*_i = K_2 \times N_{td} \times C_t / C_b$$

Где $N_{\text{ид}}$ -общий азот атмосферных выпадений

Коэффициент K_2 определяется при соблюдении следующих условий:

$K_2=$	0,15 , если $C:N < 10$
	0,25 , если $10 \leq C:N \leq 14$
	0,30 , если $14 \leq C:N \leq 20$
	0,25 , если $C:N \geq 20$

Для березняка кустарничково-лишайникового на месте недавней вырубki, березняка бруснично-злакового, сосново-березового леса зеленомошно-кустарничкового, сосняка-брусничника, сосняка сфагново-кустарничкового, березняка приречного K_2 составляет 0,30, для березняка приречного, сосняка лишайниково-мохово-кустарничкового, сосняка ерниково-сфагнового K_2 составляет 0,25, для сосняка лишайникового, сосняка зеленомошно-вороничного, березняка горного, березового криволесья горного, кустарничково-лишайниковой горной тундры K_2 составляет 0,15.

N^*_u - поглощение азота атмосферных выпадений рассчитывается согласно уравнению: $N^*_u = N_{\text{упт}} - N_u$

где: N_u - поглощение почвенного азота. Рассчитывается согласно уравнению:

$$N_u = (AMC - N_i - N_{\text{де}}) * Ct$$

Где N_i - вымывание азота атмосферных выпадений. Рассчитывается согласно уравнению $N_i = K_2 * AMC / C_b$

$N_{\text{де}}$ - денитрификация почвенного азота - согласно уравнению $N_{\text{де}} = K_3 * AMC + K_4$

Коэффициент K_3 равен 0,145, в соответствии с [8].

Коэффициент K_4 рассчитывается при соблюдении следующих условий:

$K_4=$	0,605 при $10 < AMC < 60$
	0,9 при $AMC < 10$
	6,477 при $AMC > 60$

Для березняка кустарничково-лишайникового на месте недавней вырубki, березняка приречного, березняка бруснично-злакового, сосняка ерниково-сфагнового, сосново-березового леса зеленомошно-кустарничкового, сосняка

лишайниково-мохово-кустарничкового, сосняка лишайникового, сосняка-брусничника, сосняка сфагново-кустарничкового, березняка приречного К₄ составляет 0,605, для сосняка зеленомошно-вороничного горного, березняка горного, березового криволеся горного, кустарничково-лишайниковой горной тундры К₄ составляет 6,477.

Критическая нагрузка минимального азота ($CL(N)_{\min}$), характеризующая тот наименьший уровень поступления азота, который обеспечивает сохранение продуктивности рассматриваемых экосистем, рассчитывается согласно уравнению:

$$CL(N)_{\min} = N^*_{i} + N^*_{u}$$

Таблица 3.

Рассчитанные значения показателей: N^*_{i} , N^*_{u} , N_u , N_i , N_{de} и значение минимальной нагрузки азота для типов экосистем заповедника «Пасвик».

Тип экосистемы	N_i	N^*_{u}	N_u	N^*_{i}	N_{de}	$CL(N)_{\min}$, экв/га/год
Березняк кустарничково-лишайниковый на месте недавней вырубki	2,75	35,20	4,80	8,97	8,58	44,17
Березняк приречный	4,17	25,82	4,18	17,95	7,85	43,77
Березняк бруснично-злаковый	2,75	35,20	4,80	8,97	8,58	44,17
Сосняк ерниково-сфагновый	0,63	18,75	3,25	2,69	5,82	21,44
Сосново-березовый лес зеленомошно-кустарничковый	3,00	30,69	4,30	10,77	7,85	41,46
Сосняк лишайниково-мохово-кустарничковый	0,71	13,26	1,73	7,69	3,50	20,96
Сосняк лишайниковый (беломошник)	0,45	10,42	1,58	8,97	3,21	19,40

Сосняк-брусничник	3,00	30,69	4,30	10,77	7,85	41,46
Сосняк сфагново-кустарничковый	3,00	30,69	4,30	10,77	7,85	41,46
Березняк приручейный	3,00	30,69	4,30	10,77	7,855	41,46
Сосняк зеленомошно-вороничный (горный)	13,00	61,03	3,97	35,90	15,90	96,93
Березняк горный	13,00	61,03	3,97	35,90	15,90	96,93
Березовое криволесье (горное)	13,00	61,03	3,97	35,90	15,90	96,93
Кустарничково-лишайниковая горная тундра	13,00	61,03	3,97	35,90	15,90	96,93

Нагрузка по «питательному» азоту $CL(N)_{nutr}$, позволяющая оценить количественно поступление азота, не вызывающее его избытка в экосистемах (эвтрофирования), что может быть причиной смены видового разнообразия биоценозов, рассчитывается согласно уравнению:

$$CL(N)_{nutr} = CL(N)_{min} + N_{le} + N_{de}^*$$

где: N_{le} - вымывание азота атмосферных выпадений. Рассчитывается согласно уравнению: $N_{le} = Q \times N_{crit}$

где N_{crit} - критическая концентрация азота в почвенном растворе, согласно [11] принимаем равным 0,3.

Значение N_{le} для всей территории заповедника равно 150,00.

N_{de}^* - денитрификация азота атмосферных выпадений, рассчитывается согласно уравнению: $N_{de}^* = N_{td} \times C_t \times N_{de} / AMC$

где N_{td} -общий азот атмосферных выпадений

N_{de} - денитрификация почвенного азота

C_t - коэффициент активных температур

AMC -азотоминерализующая способность почв

Таблица 4.

Рассчитанные значения N_{de}^* и питательного азота в зависимости от типов экосистем территории заповедника «Пасвик».

Тип экосистемы	N_{de}^*	CLnutr(N) экв/га/год
Березняк кустарничково-лишайниковый на месте недавней вырубki	28,00	222,18
Березняк приречный	28,20	221,97
Березняк бруснично-злаковый	28,00	222,18
Сосняк ерничково-сфагновый	29,05	200,49
Сосново-березовый лес зеленомошно-кустарничковый	28,20	219,66
Сосняк лишайниково-мохово-кустарничковый	31,46	202,42
Сосняк лишайниковый (беломошник)	32,06	201,46
Сосняк-брусничник	28,20	219,66
Сосняк сфагново-кустарничковый	28,20	219,66
Березняк приручейный	28,20	219,66
Сосняк зеленомошно-вороничный (горный)	43,92	290,85
Березняк горный	43,92	290,85
Березовое криволесье (горное)	43,92	290,85
Кустарничково-лишайниковая горная тундра	43,92	290,85

Величина максимальной критической нагрузки серы определяется согласно уравнению по формуле:

$$CL_{max}(S) = Ct * (BC_w - ANC_{le}) + (BC_{dep} - BC_u),$$

где: Ct-гидротермический коэффициент,

BC_w - выветривание основных катионов, определяется согласно уравнению:

$$BC_w = Wt \times D$$

Коэффициент Wt определяет способность почвы к выветриванию,

D- толщина почвенного слоя.

BC_{dep} – выпадения основных катионов

BC_u – поглощение основных катионов. Рассчитывается согласно уравнению:

$$BC_u = N^*_u \times N / BC$$

N:BC- величина, определяющая соотношение азота и основных катионов в растительной биомассе и обусловленная типом почвы.

ANC_{le} – вымывание кислотонейтрализующей способности почв. Рассчитывается согласно уравнению:

$$ANC_{le(crit)} = -Q * ([H]_{(crit)} + K_{gibb} * [H]_{(crit)}^3)$$

где: $[H]_{(crit)}$ – критическая концентрация ионов водорода,

K_{gibb} – константа Гиббса

Выполняя оценки величин $ANC_{le(crit)}$, при выборе критических значений кислотности почв учитывались рекомендации [12] и почвенные условия, характерные для территории исследования [13,14,15,16]. В таблице 5 представлены использованные в расчетах величины pH_{crit} и соответствующие им значения концентраций ионов водорода $[H]_{crit}$ в почвенном растворе, которые совпадают с реально существующими параметрами кислотности почв, включая почвы зон техногенного влияния эмиссий кислотообразующих соединений.

Таблица 5

Критические значения кислотности почв для разных типов растительности.

Рассматриваемый реципиент	Критическое значение критерия кислотности $[H]_{crit}$, Г-ЭКВ/М ³
Лесные экосистемы:	
▪ Хвойные леса	0.1
▪ Лиственные леса	0.03
Травянистые экосистемы	0.03

Зная значения всех необходимых входных параметров, можно рассчитать с помощью уравнения $CL_{max}(S) = Ct * (BC_w - ANC_{le}) + (BC_{dep} - BC_u)$ величину $CL_{max}(S)$.

Таблица 6.

Рассчитанные значения BC_w , BC_u , ANC_{le} и $CL_{max}(S)$ для экосистем заповедника «Пасвик».

Тип экосистемы	BC_w	BC_u	ANC_{le}	$CL_{max}(S)$, экв/га/год
Березняк кустарничково-лишайниковый на месте недавней вырубki	225,00	28,16	-17,70	73,21
Березняк приречный	375,00	20,66	-19,05	97,35
Березняк бруснично-злаковый	225,00	28,16	-17,70	73,21
Сосняк ерничково-сфагновый	50,00	1,87	-15,13	79,96
Сосново-березовый лес зеленомошно-кустарничковый	225,00	21,49	-19,05	80,03
Сосняк лишайниково-мохово-кустарничковый	62,50	9,28	-19,05	74,35
Сосняк лишайниковый (беломошник)	31,25	7,30	-19,05	72,90
Сосняк-брусничник	225,00	21,49	-19,05	80,03
Сосняк сфагново-кустарничковый	225,30	21,49	-19,05	80,06
Березняк приручейный	225,00	21,49	-19,05	80,03
Сосняк зеленомошно-вороничный (горный)	75,00	57,98	-19,05	27,03
Березняк горный	75,00	57,98	-19,05	27,03
Березовое криволесье (горное)	75,00	57,98	-19,05	27,03
Кустарничково-лишайниковая горная тундра	75,00	57,98	-19,05	21,91

Максимальная критическая нагрузка азота $CL_{max}(N)$ рассчитывается согласно уравнению: $CL_{max}(N)=CL_{max}(S)+CL_{min}(N)$

Таблица 7.

Значения максимальной критической нагрузки по азоту для экосистем заповедника "Пасивк".

Типы экосистем	$CL_{max}(N)$, экв/га/год
Березняк кустарничково-лишайниковый на месте недавней вырубki	117,38
Березняк приречный	141,13
Березняк бруснично-злаковый	117,38

Сосняк ерниково-сфагновый	101,40
Сосново-березовый лес зеленомошно-кустарничковый	121,49
Сосняк лишайниково-мохово-кустарничковый	95,31
Сосняк лишайниковый (беломошник)	92,30
Сосняк-брусничник	121,49
Сосняк сфагново-кустарничковый	121,52
Березняк приречный	121,49
Сосняк зеленомошно-вороничный (горный)	123,97
Березняк горный	123,97
Березовое криволесье (горное)	123,97
Кустарничково-лишайниковая горная тундра	118,84

Далее было проведено сравнение величин критических нагрузок по подкисляющему и питательному азоту. В случае рассчитанных значений для экосистем заповедника «Пасвик», $CL_{nutr}(N) \geq CL_{max}(N)$, величиной $CL_{nutr}(N)$ можно пренебречь, так как максимально допустимое выпадение азота будет ограничено величиной $CL_{max}(N)$ (рис2).

Превышения критических нагрузок рассчитываются по формуле:

$$Ex(S+N) = S_{dep} + N_{dep} - CL(S+N).$$

Для экосистем заповедника «Пасвик» величины критических нагрузок подкисляющих соединений серы и азота превышены в 5-10 раз.

Таблица 8.

Превышения величин критических нагрузок для экосистем заповедника «Пасвик».

Типы экосистем	Превыш. (экв/га/год)	Превыш. (раз)
Березняк кустарничково-лишайниковый на месте недавней вырубki	1411,60	7,41
Березняк приречный	1363,70	5,72
Березняк бруснично-злаковый	1411,60	7,41
Сосняк ерниково-сфагновый	1420,83	7,83
Сосново-березовый лес зеленомошно-кустарничковый	1400,67	6,95
Сосняк лишайниково-мохово-кустарничковый	1432,52	8,44

Сосняк лишайниковый (беломошник)	1436,98	8,70
Сосняк-брусничник	1400,67	6,95
Сосняк сфагново-кустарничковый	1400,60	6,95
Березняк приручейный	1400,67	6,95
Сосняк зеленомошно-вороничный (горный)	1451,18	9,61
Березняк горный	1451,18	9,61
Березовое криволесье (горное)	1451,18	9,61
Кустарничково-лишайниковая горная тундра	1461,43	10,38

Низкие величины критических нагрузок свидетельствуют о высокой чувствительности и уязвимости экосистем заповедника «Пасвик», а высокие значения превышений выпадений над величинами критических нагрузок – о повышенной аэротехногенной нагрузке на его территорию за счет внутренних источников данного субъекта Российской Федерации.