

8

На правах рукописи
УДК:577.4



МАЛАЕВ АЛЕКСАНДР ВЛАДИМИРОВИЧ

**ВЛИЯНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ
НА ЗАРАСТАНИЕ МАЛЫХ БЕССТОЧНЫХ ОЗЕР
ВОСТОЧНОГО ЗАУРАЛЬЯ**

Специальность: 25.00.36. – Геоэкология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

1 0 ДЕК 2009


Санкт-Петербург
2009

Работа выполнена на кафедре географии и методики преподавания географии государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Челябинский государственный педагогический университет»

Научный руководитель: доктор географических наук,
профессор
Надежда Степановна Рассказова

Официальные оппоненты: доктор географических наук,
профессор
Сергей Валентинович Рянжин

кандидат географических наук,
доцент
Наталья Владимировна Поздеева

Ведущая организация: Санкт-Петербургский
государственный университет

Защита диссертации состоится «11» декабря 2009 года в 11 часов на заседании совета Д 212.199.26 по защите докторских и кандидатских диссертаций при Российском государственном педагогическом университете им. А.И. Герцена по адресу: 191186, Санкт-Петербург, наб. р. Мойки, 48, корп. 12, ауд. 21

С диссертацией можно ознакомиться в фундаментальной библиотеке Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена по адресу: 191186, Санкт-Петербург, наб. р. Мойки, 48, корп. 5

Автореферат разослан «09» ноября 2009 г.

Ученый секретарь диссертационного Совета  И.П. Махова

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы.

Проблема изучения процесса зарастания озер и их «восстановления» – комплекса внешних (на водосборе) и внутренних (в озере) мер приобретает особую актуальность для Челябинской области, являющейся одной из вододефицитных в РФ. Территория восточного Зауралья, для которой автор проводил свои исследования, в свою очередь, является одной из вододефицитных в области. Единственными источниками водоснабжения этой территории служат малые бессточные озера. Запасы подземных вод незначительные.

Хозяйственная деятельность человека затронула как водосборные бассейны, так и сами водоемы. Это вмешательство изменило абиотические элементы озерной экосистемы (морфометрические характеристики), гидрохимический и гидрологический режимы озера. При антропогенном воздействии нарушается естественное равновесие между биотическими и абиотическими элементами экосистемы. Это приводит к заилению и обмелению озер, их зарастанию, значительному ухудшению качества озерной воды, в результате теряется их значение как источников чистой воды.

В течение последних 35 лет на кафедре географии ЧГПУ, под руководством Андреевой М.А., проводились научно-исследовательские работы по изучению озерных экосистем Южного Урала, их эволюции и современного состояния, формирующегося под влиянием природных и антропогенных факторов. Однако, процессы, определяющие скорость зарастания малых бессточных озер восточного Зауралья до сих пор изучены слабо, что не позволяет разработать для них эффективные эколого-восстановительные мероприятия.

Объект исследования - малые бессточные озера восточного Зауралья и их водосборные площади.

Предмет исследования - естественные и антропогенные факторы, приводящие к зарастанию малых бессточных озер восточного Зауралья.

В связи с этим **целью работы** является установление ведущих региональных естественных и антропогенных факторов зарастания малых бессточных озер восточного Зауралья, и разработка восстановительных мероприятий.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие **задачи**:

- изучить морфологические и морфометрические характеристики озер восточного Зауралья и выявить их особенности. Определить влияние морфологических и морфометрических особенностей озерных котловин на степень их зарастания;

- исследовать ландшафтную структуру водосборов озерных экосистем восточного Зауралья и выявить антропогенные факторы, оказывающие наибольшее влияние на гидрологический режим озер, гидрохимический состав и гидробиологические особенности водной массы озер;

- изучить влияние агрономического фона водосборов озер на миграцию биогенных веществ. Установить закономерности влияния антропогенных факторов на зарастание озер;

- на основании выявленных закономерностей морфологических и морфометрических особенностей, разработать рекомендации по восстановлению экосистем озер восточного Зауралья.

Основные положения, выносимые на защиту.

- Морфологические и морфометрические характеристики озер восточного Зауралья в сочетании с особенностями физико-географических условий и гидрологического режима обуславливают их предрасположенность к зарастанию.
- Антропогенные изменения ландшафтной структуры водосборов при сельскохозяйственной деятельности определяют вынос фосфатов и азота в акваторию водоемов и зарастание малых бессточных озер. При этом ведущим фактором является агрономический фон водосборов, формирующийся под воздействием приемов современного земледелия.
- Агрономический фон водосборов озер, формируемый под воздействием приемов современного земледелия определяет поверхностный, твердый, почвенный сток, и является инструментом разработки эффективных восстановительных мероприятий на зарастающих водоемах.

Научная новизна исследования. В работе дана комплексная характеристика озерных экосистем восточного Зауралья, в том числе характеристика их современного экологического состояния. Установлена степень влияния естественных и антропогенных факторов на процесс зарастания малых озер. Определены ведущие антропогенные факторы зарастания малых озер восточного Зауралья, а также степень влияния антропогенных водосборных площадей бессточных озер восточного Зауралья на процесс их зарастания, в процентном отношении. Дана прогностическая оценка состояния изученных водоемов, разработаны практические мероприятия по охране и восстановлению малых бессточных озер восточного Зауралья.

Теоретическое значение. Изучение закономерностей влияния естественных и антропогенных факторов на степень зарастания малых бессточных озер имеет важное теоретическое значение и практическую значимость. Выявленные особенности и полученные закономерности, определяющие степень их зарастания обеспечили возможность разработки классификации озер по их предрасположенности к зарастанию, и выбора инструмента для разработки эффективных восстановительных мероприятий для малых бессточных озер рассматриваемой территории и их водосборов.

Практическая значимость. По материалам исследования разработаны практические природоохранные мероприятия по рациональному использованию природных ресурсов малых бессточных озер восточного Зауралья.

Результаты исследований и накопленный материал могут быть использованы для изучения территорий неблагоприятных с экологической точки зрения в пределах водосборных бассейнов озер. Они могут быть применены также при проведении водоохраных мероприятий на водосборах водоемов и снижения отрицательного воздействия на них загрязняющих и биогенных веществ, в сходных физико-географических условиях, с использованием метода аналогий.

По материалам исследования автором составлена серия карт (батиметрия озер, профили озер и площадь зарастания) и научные отчеты для охотничьего хозяйства «Буташ». Отдельные результаты работы используются районным «Комитетом экологии и рационального природопользования» Октябрьского, Еткульского районов Челябинской обл. Материалы исследования используются для преподавания спецкурса «Рациональное природопользование», они также вошли в электронную базу данных №2009620416 «Озера Челябинской области» (свидетельство Роспатент, 2009).

Достоверность и обоснованность научных результатов и выводов базируется на использовании современных методов экспериментальных исследований, принятых в системе геоэкологических исследований. Достоверность научных положений и выводов подтверждается большим объемом фактического материала, обработкой данных на основе различных методов анализа и синтеза, метода полевых исследований, картографического метода, метода аналогий. В ряде случаев достоверность подтверждается увязкой результатов с данными, полученными другими исследователями.

Методика исследования и исходные материалы.

В работе использован комплекс экспедиционных (полевых) методов. При составлении вертикальных профилей, планов озер в изобатах и геоботанических профилей применялся картографический метод. Определение дальнейших тенденций развития озерных экосистем и эффективности их восстановления выполнялось с помощью географического прогноза. Выявление степени антропогенного воздействия на озера осуществлялось с использованием метода аналогий. Химический анализ воды, гранулометрический анализ почв и донных отложений, сравнительный анализ при установлении сходства и различий воздействий на водоемы антропогенных и природных факторов выполнялся при помощи метода анализа и синтеза. Изучение водной и прибрежно-водной растительности выполнялось картографическим методом, путем построения экологических профилей. Математическое моделирование (парная и множественная корреляция) применялось для установления зависимости явлений.

В работе были использованы материалы Института озероведения РАН РФ (Южноуральская экспедиция, 1972-1974 гг.), первичные материалы наблюдательной сети Челябинского ЦГМС. Помимо фондовых материалов основой для исследования послужили данные, собранные автором на малых бессточных озерах восточного Зауралья и их водосборах, в период с 2001-2005 гг. Под руководством и при личном участии автора в общей сложности было исследовано 68 км линий водосборных площадей. Выполнено более 610 батиметрических промеров. Общий объем проанализированной гидрохимической информации составил 210 химических анализов воды, 70 анализов донных отложений, 155 анализов почв; гидробиологической информации – 155 проб фитопланктона, 110 проб зоопланктона, выполнено более 50 укусов высшей водной растительности. Заложено и обработано 56 стоковых площадок и почвенных профилей.

Публикации и обработка работы. Основные положения диссертации изложены в 16 печатных работах. Результаты работы докладывались и обсуж-

дались на ежегодных конференциях по итогам научно-исследовательских работ преподавателей, студентов и аспирантов Челябинского государственного педагогического университета (2001-2009 гг.); на II Международной научно-практической конференции «Экология и научно-технический прогресс» (г. Пермь, 2003 г.); на Региональной научно-практической конференции «Проблемы географии Урала и сопредельных территорий» (г. Челябинск, 2004, 2006, 2008 гг.); Всероссийской научно-практической конференции «Региональные эколого-географические исследования и инновационные процессы в образовании» (г. Екатеринбург, 2006). Отдельные результаты использованы для создания базы данных «Озера Челябинской области» (свидетельство №2009620416, Роспатент, 2009). Исследования выполнены при поддержке гранта Министерства образования РФ Правительства Челябинской области № 38/МОЗ.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы. Основное содержание диссертации изложено на 170 страницах машинописного текста, иллюстрировано 33 рисунками, 30 таблицами. Список литературы содержит 188 наименований, в том числе 16 на иностранном языке.

II. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обосновывается актуальность избранной темы исследования, определены объект, предмет и методы исследования, цель и основные задачи работы, сформулированы положения, выносимые на защиту, обоснованы научная новизна и практическая значимость результатов исследования.

В первой главе «**Обзор исследований зарастания озер и характеристика исходных материалов**» анализируются работы российских и зарубежных ученых, занимающихся рассмотрением как природного, так и антропогенного зарастания водоемов, поиском наиболее рациональных путей восстановления их экосистем.

Примерно с середины XX века многие научные коллективы и отдельные исследователи (Институт озероведения РАН, Белорусский государственный университет и др.) разрабатывают пути восстановления озер. В последние десятилетия появился ряд работ, в основе которых лежат современные представления о проблеме восстановления озерных экосистем. В целом эти работы формируют основные направления решения проблемы восстановления, на которые мы опирались в своих исследованиях.

На основании этих трудов выполнен краткий обзор исследований зарастания озер восточного Зауралья и основных методов исследований, приведена характеристика исходных данных.

Во второй главе «**Влияние ландшафто-климатических факторов на процесс зарастания озер восточного Зауралья**» рассматривается комплекс условий и факторов, определяющих единство природных озерных экосистем. Основными ландшафто-образующими факторами в пределах Южного Урала являются: геологическое строение; рельеф, обусловленный геолого-геоморфологическим строением; климатические особенности территории.

Исследуемая территория расположена к востоку от Уральских гор, в одной геоструктурной области – Западно-Сибирской низменной стране (равнинное Зауралье), для которой характерен равнинный рельеф. Ландшафты, окружающие озера, сформированы в пределах третичной озерно-морской аккумулятивной равнины, в настоящее время представляют типичную лесостепь.

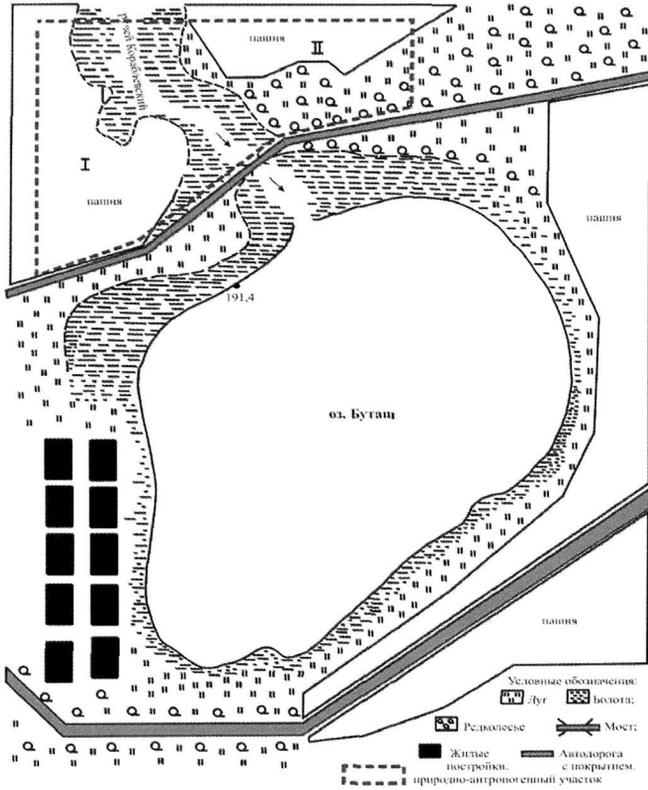
Климат умеренно-континентальный, с недостаточным увлажнением (300 мм). Континентальность климата возрастает по сравнению с Предуральем. Лето характеризуется в целом как сухое и жаркое, зима холодная и часто малоснежная.

Злаково-разнотравные и солонцеватые луга в сочетании с березовыми колками представлены на выщелоченных и осолоделых черноземах, солонцах и солонцеватых черноземах.

Условия формирования поверхностного стока на водосборных площадях озер характеризуется следующим: наибольшая водопроницаемость почв наблюдается под многолетними травами на лугово-черноземных почвах - обыкновенных черноземах (от 1,6 мм/мин до 1,8 мм/мин), немного меньше на обыкновенных черноземах (1,48 мм/мин), на солонцах еще меньше (0,8-1,0 мм/мин). Следовательно, даже при средней интенсивности осадков в летний период и во время весеннего снеготаяния, на прилегающих сельскохозяйственных полях образуется интенсивный поверхностный сток, который приносит в водоемы органические, биогенные и другие вещества, что в значительной степени определяет воздействия других факторов зарастания.

На водосборах озер доминирующая роль принадлежит автоморфным урочищам водораздельных равнин и урочищам склоновых поверхностей, с которых под влиянием процессов химического и физического выветривания интенсивно происходит вынос химических элементов, биогенных веществ (NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , Робщ) и легкорастворимых хлоридов и сульфатов. Последнее, в свою очередь, прямо пропорционально влияет на повышение степени минерализации и концентрации органических веществ в небольших озерах, с малым условным водообменом, какими являются водоемы восточного Зауралья.

Изучение ландшафтов самого крупного из водоемов показало, что доля естественного почвенно-растительного покрова не превышает 30%. Естественный почвенно-растительный покров расположен в южной и частично в юго-восточной частях водосбора. Остальные участки рельефа освоены человеком (сельскохозяйственные земли и пастбища, селитебная территория). В результате полевых исследований выявлена природно-антропогенная структура озерных водосборов оз. Буташ. Она представлена сочетанием неизменных природных территориальных комплексов и территориальных комплексов с приобретенными новыми свойствами. Природно-антропогенная структура водосбора оз. Буташ отражена на примере участка ручья «Кораблевский», являющегося притоком озера (рис. 1). В результате сопоставления изученных водосборов, выделены две основные группы локальных водосборов. Они представлены на рис.1, на примере оз. Буташ.



1:75000

Рис. 1. Природно-антропогенная структура водосбора оз. Буташ
(участок ручья Кораблевский)

I - антропогенный комплекс в целом

II - сочетание природных и антропогенных комплексов

Первая группа - моноструктурная, состоящая из единого территориального комплекса. Здесь основной тип структуры – моноструктурный антропогенный (пашня или селитебная территория).

Во вторую группу вошли водосборы, состоящие из нескольких территориальных комплексов, как природных, так и антропогенных, именуемых полиструктурными. При сопоставлении выделенных типов структур с данными о выносе общего фосфора ($P_{\text{общ}}$) в воды ручья Кораблевский выявлены различия в выносе биогенных веществ, в зависимости от структуры водосбора.

Сопоставление проводилось по данным о содержании общего фосфора в среднем за период наблюдений (табл. 1).

Таблица 1

Типизация водосборов по их ландшафтной структуре в среднем за период наблюдений (на примере оз. Буташ)

Тип структуры водосбора	Ландшафтное содержание	Содержание общего фосфора в воде ручья Кораблевский, мг/л
Целиком антропогенный комплекс	Пашня, по периферии болото	0,075
Сочетание природных и антропогенных комплексов	Ядро – пашня, по периферии заболоченный луг, пастбища	0,046
	Ядро – заболоченный луг, по периферии болотный массив, широкая заболоченная низина, лес	0,051

При анализе типов структуры водосборов определено, что в случае, когда водосбор представляет собой целиком пашню с болотной местностью вокруг, вынос общего фосфора в ручей наибольший (0,075 мг/л) за счет высокой водопроницаемости почв. Если водосбор полиструктурный, с болотным массивом или заболоченным лугом, вынос общего фосфора становится меньше (0,051 мг/л) за счет сложной, мозаичной структуры водосбора.

Таким образом, моноструктурные водосборы оз. Буташ, находящиеся под антропогенным воздействием (с учетом агрономического фона сельскохозяйственных угодий и состояния поверхностного слоя почвы), обуславливают больший вынос фосфора, чем полиструктурные, менее подверженные антропогенному изменению. Следовательно, антропогенное изменение водосбора по тому или иному типу структур, приводит к уменьшению или увеличению выноса биогенно. Установлено, что в целом, для водосборов исследованных озер характерно преобладание антропогенных ландшафтов. Доказательство их влияния на повышение содержания органических и биогенных веществ в водоемах и зависимости площади зарастания озер от соотношения ландшафтов на водосборе приведено в таблице 2, рис. 2.

Таблица 2

Соотношение естественных и антропогенных ландшафтов на водосборе озер (%)

Озеро	Водосбор – естественный ландшафт	Водосбор – антропогенный ландшафт	Соотношение ландшафтов	Площадь зарастания %
Большеникольское	35	65	1/2	23,9
Буташ	18	89	1/5	40,2
Жестки	38	62	1/2	18,1
Лебяжье	36	64	1/2	22,4
Медяк	32	68	1/2	31,4
Подовинное	15	91	1/5	42,2

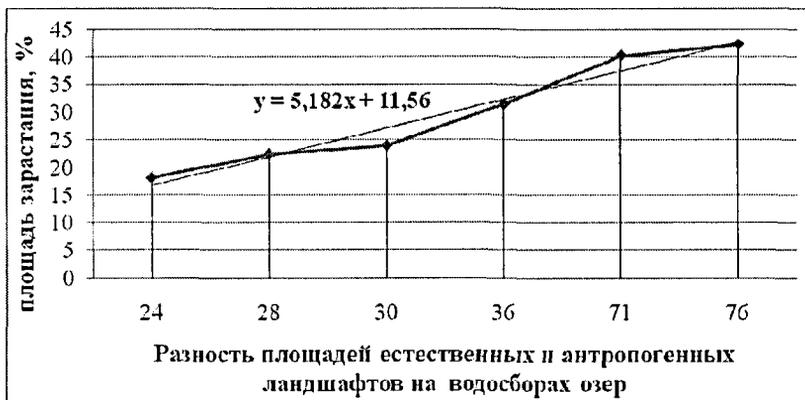


Рис. 2. Зависимость площади зарастания озер от соотношения ландшафтов на водосборе, на примере малых озер восточного Зауралья

Из графика следует, что регулирование разности естественных и антропогенных площадей водосборов дает возможность прогнозировать площадь зарастания. Полученные результаты подтверждают уже известные факты наибольшего выноса фосфора с распаханых территорий и необходимость учета площадей сельскохозяйственных угодий на водосборных площадях озер.

Водосборы озер в настоящее время используются для производства домашней водоплавающей птицы и крупного рогатого скота. Существенным источником загрязнения озер выступают животноводческие фермы, близлежащих сел, расположенные в непосредственной близости от водоемов (50-150 м от уреза воды). Опираясь на стандартные показатели выноса органики в отходах от одного животного, автором было рассчитано ее поступление в озера восточного Зауралья за летний период. Результаты расчетов показаны на примере лета 2004 г. (табл. 3).

Из данных таблицы 3, следует, что максимальное загрязнение водоемов органическими веществами происходит в летний период, от находящихся в санитарной зоне животноводческих ферм, водопоев и выпасов скота.

Таблица 3

Средние показатели выноса в озера восточного Зауралья органических веществ с животноводческих и свиноводческих ферм (кг/сут) за летний период

Озеро	Поголовье скота	Твердые частицы	Азот	Фосфор
Бугаш	КРС – 89	403,7	13,35	4,45
	Свиньи - 0	-	-	-
Медиак	КРС – 120	543,6	10,2	3,4
	Свиньи - 40	27,2	1,2	0,4
Больше-никольское	КРС – 105	475,6	11,25	3,75
	Свиньи - 0	-	-	-

Обилие азотистых и фосфорных соединений приводят к неблагоприятным условиям для рыбохозяйственного использования водоемов. Анализ результатов исследования проб воды, взятых из озер, в период наблюдений показал, что нормы ПДК азота аммония и фосфатов для рыбохозяйственных водоемов здесь превышены в несколько раз (табл. 4).

Таблица 4
Среднегодовое показатели ПДК азота аммония и фосфатов в озерах восточного Зауралья (мг/л) за 2001-2004 гг.)

ПДК для рыбохозяйственных водоемов	оз. Бугаш	оз. Больше-никольское	оз. Лебяжье	оз. Медяк
NH_4^- - 0,13	0,27	0,53	0,35	0,02
NO_2^- - 0,02	0,05	0,008	0,004	0,007
NO_3^- - 9,1	0,01	0,05	0,01	0,66
Робщ - 0,2	0,88	0,58	0,54	0,64

Высококачественные промысловые виды, такие как лещ и сырок, уступают место менее ценным рыбам, таким как карась, ротан.

При длительном антропогенном загрязнении озер в воде с сильным «цветением» автором были отмечены токсины, негативно влияющие на здоровье человека и животных. Кроме того «цветение» воды вызывает увеличение pH воды, а также рост содержания органических веществ в растворенной, коллоидной и взвешенной формах, что способствует бурному развитию высшей водной растительности.

Преобразование водосборов озер влекут за собой изменение величины поверхностного стока, выноса биогенных и других загрязняющих веществ. Высокие концентрации таких веществ как, фосфор и азот, усиливают зарастание водоемов. В норме содержание фосфора общего в воде озер не превышает 0,05 мг/л, тогда как в нашем случае концентрация фосфора на несколько порядков больше (табл.5).

Таблица 5
Соотношение площади зарастания озер восточного Зауралья и средних показателей биогенных элементов

Озеро	Площадь зарастания %	Σ и, мг/л	Средние показатели биогенных элементов (мг/л)			
			$\text{P}_{\text{общ}}$	$\text{P}_{\text{общ}}$ норма	NH_4^+	NH_4^+ норма
Бугаш	40,2	8800	0,880	0,05	0,27	0,2
Больше-никольское	23,9	900	0,583		0,53	
Лебяжье	22,4	500	0,546		0,35	
Медяк	31,4	600	0,649		0,02	
Жестки	18,1	1150	0,325		0,21	
Подовинное	42,2	800	0,872		0,31	

Таким образом, антропогенные изменения ландшафтной структуры водосборов при сельскохозяйственной деятельности определяют вынос фосфатов и азота в акваторию водоемов и зарастание малых бессточных озер. При этом ведущим фактором является агрономический фон водосборов, формирующийся под воздействием приемов современного земледелия

В третьей главе «Экологические факторы зарастания озер» рассматриваются основные морфологические, морфометрические, гидрологические и гидрохимические показатели, влияющие на процесс зарастания.

Установлено, что озера, расположенные на этой территории схожи по своим морфологическим и морфометрическим характеристикам: они неглубокие, с классическим распределением глубин от берега к центру, блюдцеобразные, хорошо прогреваемые. Особенностью этих озер, выявленных автором, является практически полное отсутствие термической стратификации и высокий показатель открытости, указывающий на степень ветрового перемешивания. Значения коэффициента открытости ($K_{откр}$) озер восточного Зауралья превышают значения $K_{откр}$ озер восточных склонов Южного Урала в 10-20 раз. В этих условиях озера восточного Зауралья являются неустойчивыми в отношении динамического перемешивания водной массы. Согласно классификации П.В. Иванова (1948), исследованные озера отнесены к группе «малых озер» с площадью водного зеркала до 10 км^2 , и только один водоем - оз. Буташ отнесен к группе «средних» озер ($37,7 \text{ км}^2$).

На рисунке 3 приведены продольные профили озер восточного Зауралья, выполненные по результатам промеров. Из анализа профилей следует, что на территории восточного Зауралья преобладают мелководные озера глубиной от 0,5 м до 2-3 м (максимум 4,5 м – оз. Подовинное) с пологими берегами. Средние глубины варьируют в пределах 1-2 м., глубины нарастают плавно от берега к центру. Береговая линия озер изрезана незначительно, коэффициент развития их береговой линии ($K_{изр}$) небольшой, изменяется в пределах 0,4-1,3. Рассчитанный коэффициент удлиненности озер ($K_{удл}$), находится в пределах значений от 1,2 до 2,1, что свидетельствует о форме водных зеркал, близкой к округлой.

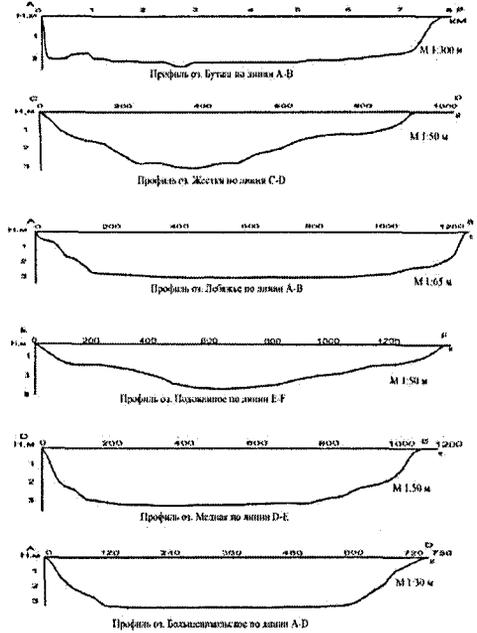


Рис. 3. Продольные профили озер восточного Зауралья

Показатель открытости озер ($K_{отр}$), находится в пределах значений 0,3 – 24,1. При полученных значениях коэффициентов глубинности, открытости и емкости физико-географические различия поверхностных и придонных водных масс незначительны, водная масса неустойчивая, перепад температуры по глубине редко превышает $+1^{\circ}\text{C}$, температура воды в них в значительной степени реагирует на погодные условия. Озера, как правило, быстро прогреваются до дна, термическая стратификация для них не характерна.

Проведенные исследования позволили выделить критерии предрасположенности исследованных озер к зарастанию (получены аналитическим путем, по работам российских и зарубежных исследователей). Результаты обработки выполненных промерных работ и критерии предрасположенности исследованных озер к зарастанию представлены в табл. 6.

Таблица 6

Морфометрические характеристики озер восточного Зауралья и критерии предрасположенности озер к зарастанию

Озеро	морфометрические характеристики озер			критерии предрасположенности озер к зарастанию							
	Отметка зеркала, мБС	F, км ²	S, км ²	$K_{изр}$ (0,5-5,0)	$K_{от}$ (0,1-10,0)	K_1 (5-15)	$H_{ср}$ (0,5-2,0)	$H_{макс}$ (0,5-4,5)	K_2 (0,1-0,5)	$K_{гг}$ (0,5-1,5)	$K_{смк}$ (0,6-0,8)
Бутащ	191,6	141,0	37,7	1,1	24,1	3,7	1,6	2,2	0,06	0,5	0,73
Большеникольское	193,2	9,79	0,61	0,9	0,3	16,0	1,72	3,35	0,24	0,3	0,6
Жестки	180,5	2,74	0,54	0,9	0,3	5,0	1,8	3,3	0,06	0,3	0,57
Лебяжье	190,2	15,98	1,92	1,3	1,03	8,3	1,85	3,2	0,09	1,05	0,57
Медяк	190,3	5,56	0,92	1,01	0,5	6,0	1,6	3,6	0,07	0,58	0,44
Подовинное	187,0	3,94	0,7	1,3	0,6	5,6	1,1	4,5	0,08	0,61	0,64

Примечание: $K_{изр}$ – коэффициент изрезанности; $K_{от}$ – коэффициент открытости; K_1 – удельный водосбор; K_2 – условный водообмен; $H_{ср}$ – средняя глубина; $H_{макс}$ – максимальная глубина; $K_{гг}$ – коэффициент глубинности; $K_{смк}$ – коэффициент емкости

* указаны в скобках

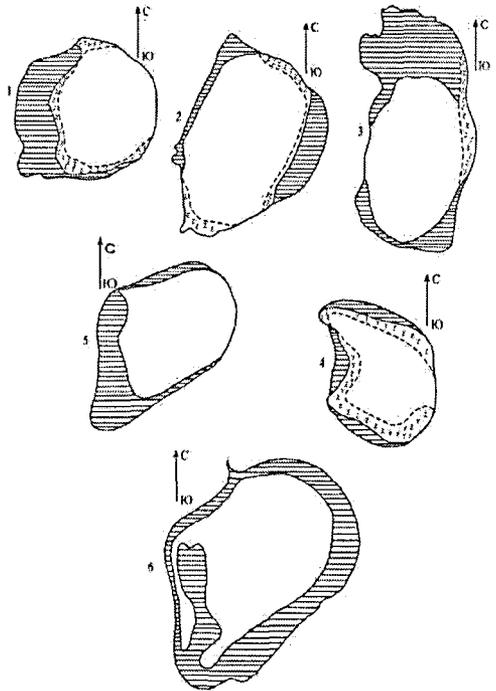
На основе критериев предрасположенности озер к зарастанию рассчитан коэффициент предрасположенности ($K_{пр}$) к зарастанию для каждого из водоемов (для наглядности на рис. 4 представлен в % выражении) и сравнен с площадью зарастания озер (рис. 4). Анализ графика на рис.4 показывает, что чем выше $K_{пр}$ к зарастанию, тем больше площадь зарастания озер.



Рис.4. Зависимость зарастания озер с коэффициентом предрасположенности озер к зарастанию

Хорошо прогреваемые неглубокие водоемы интенсивно зарастают (от 18,1 до 42,2 % от общей площади зеркала) (рис. 5). При этом площадь зарастания высшей водной растительностью, в основном, растет с уменьшением средней глубины озер (рис 6). Отсутствие каменистого грунта, наличие песчаных и иловых отложений, богатых органикой, способствует развитию как макрофитов, так и гидрофитов. В летний период наблюдается стратификация биогенных элементов, и, наиболее часто растворенного O_2 . Так, в течение всего периода открытой воды в поверхностных слоях озер содержание растворенного O_2 было высоким и достигало 100 %, в июле-августе доходило до 150 %. В придонном слое, напротив, содержание O_2 в это время, снижалось до 20-80 % насыщения. При усилении интенсивности фотосинтеза содержание O_2 повышалось в поверхностных слоях, придонные слои значительно обеднялись, особенно в холодное время года. Все озера, исследованные автором имеют неблагоприятный кислородный режим, который сказывается на протекании автохтонных процессов. Последние в зимний период вызывают такие явления, как замор рыб, и, как следствие, повышение содержания органики за небольшой период времени.

Одним из главных гидрологических факторов, определяющих внутренние водообменные процессы, является их бессточность.



1-оз.Медное; 2-оз.Жесткое; 3-оз.Петровское; 4-оз.Лебяжье; 5-оз.Большешимильское; 6-оз.Бутан
 ▨ - заросшее прибрежье (сплавина); □ - водная акватория; ▤ - рдест блестящий;
 ▧ - тростник обыкновенный; [X] - урты; [■] - рогоз широколистственный.

Рис. 5. Схема зарастания озер
 восточного Зауралья

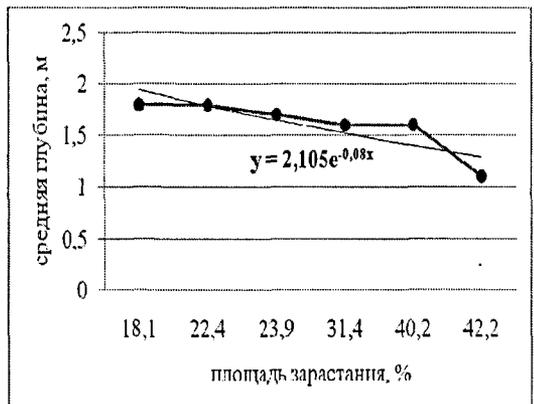


Рис. 6. Зависимость площади зарастания озер от средней глубины

Показатели удельного водосбора ($K_1 = F/S$) варьируют в пределах 4-16, что свидетельствует о небольших удельных водосборах. Основными составляющими водного баланса водоемов в приходной части являются приток с водосборной площади и осадки на зеркало, а в расходной – испарение.

Характерной чертой водного баланса озер является преобладание расходной части над приходной, в результате чего происходит усыхание озер при современных климатических условиях. Большинство озер, относятся к группе с малой величиной показателя условного водообмена (K_2) - 0,3. Следовательно, полный водообмен этих озер при условии средней водности может произойти не ранее, чем через 40-50 лет.

Колебания уровня воды в водоемах своеобразно сказываются на процессах зарастания. Так, в годы, когда отмечаются минимальные уровни озер, интенсивно зарастают высшей водной растительностью и кустарниками берега. В годы максимальных уровней с затопленных водосборных участков поступает дополнительно с органическими соединениями терригенный материал, а иногда и хозяйственно-бытовой мусор, что неблагоприятно сказывается на экологическом состоянии озер.

Таким образом, морфологические и морфометрические характеристики в сочетании с особенностями физико-географических условий и гидрологического режима обуславливают предрасположенность озер восточного Зауралья к зарастанию.

На основе полученных результатов автором разработана классификация предрасположенности (Класс пр*) озер к зарастанию. В основу классификации положены естественные и антропогенные факторы (табл.7).

Таблица 7

Классификация озер восточного Зауралья по предрасположенности к зарастанию

Озеро	Разность ландшафтов на водосборе озер	Коэффициент предрасположенности к зарастанию	Класс пр*
Жестки	24	0,67	Средний
Лебяжье	28	0,75	Средний
Большеникольское	30	0,75	Средний
Медиак	36	0,75	Средний
Бугаш	71	0,75	Средний
Подовинное	76	0,87	Критический

Примечание: класс предрасположенности – слабый (0,0-0,25), умеренный (0,26-0,5), средний (0,51-0,75), критический (0,76-1,00)

Приведенная классификация позволяет принимать управленческие решения по восстановлению экосистем зарастающих озер, с учетом степени влияния естественных и антропогенных факторов. Основным инструментом управления при этом является агрономический фон водосборных площадей.

На примере оз. Буташ (средний класс предрасположенности) автором разработаны восстановительные мероприятия, направленные на улучшение экологического состояния озера.

В четвертой главе «Гидробиологические особенности зарастающих озер» рассмотрен флористический состав высшей водной растительности характеризующийся 32 видами высших растений, относящихся к 15 семействам. Выделены основные ценообразователи и сообщества образованные ими, определена общая площадь зарослей и площадь доминирующих фитоценозов, которая варьирует от 18,1 до 42,2 %. Нормальная жизнь водоема возможна, когда высшей водной растительностью покрыто не более 25% его площади (Х. Кочев, Д. Йорданов, 1981).

Фитопланктон, являющийся одним из биологических показателей эвтрофирования и, как следствие зарастания водоемов, представлен в основном синезелеными (Cyanophyta) и зелеными (Chlorophyta) водорослями. Максимальная биомасса названных видов фитопланктона достигает 15,7 г/м³ в слое 0,3-0,5 м в. Это соответствует IV степени (сильной) «цветения» воды по эколого-санитарной классификации качества поверхностных вод суши, предложенной Институтом Гидробиологии РАН. Общее увеличение численности и биомассы фитопланктона говорит о нарастающем эвтрофировании (О.П. Окснюк, 1993).

Основными представителями зоопланктона восточного Зауралья является три руководящих комплекса - *Daphia longispina*, *Cyclops strennus* и *Eudiaptomus graciloides*. Преобладание мелких размерных групп, а именно представителей отряда ветвистоусых и веслоногих, свидетельствует о процессе эвтрофирования озер.

В пятой главе «Роль загрязнений озёр восточного зауралья в их зарастании» рассматривается антропогенное загрязнение озер и их водосборов (механическое и химическое, характерное для озер и водосборов восточного Зауралья).

Введение в практику сельского хозяйства приемов современного земледелия, привело к значительному изменению водного баланса территории исследованных озер, и трансформации химического состава воды и донных отложений. Значительное изменение условий формирования поверхностного стока, произошедшее за счет распашки степных угодий Зауралья, привело к коренному изменению формирования стока наносов. Автором были проведены наблюдения за выносом фосфора в растворенном виде и наносами (твердый сток) на водосборных участках оз. Буташ. Исследованиями охвачены три агрономических фона – зябрь, озимь и травы.

Результаты исследований показали, что вынос растворенного в воде фосфора зависит от величины поверхностного стока и агрофона (рис. 7).

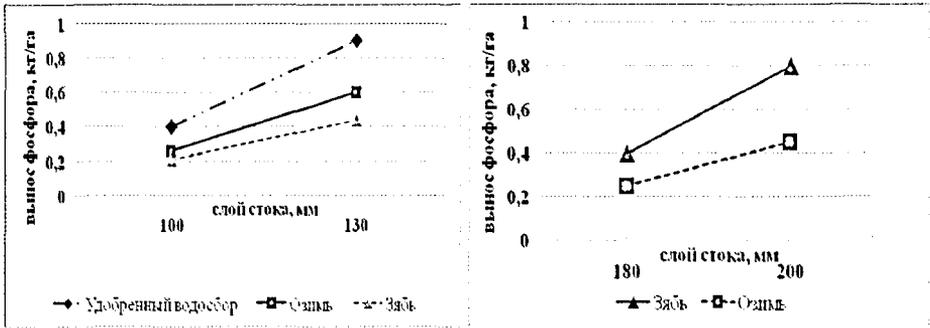


Рис. 7. Зависимость выноса растворённых форм фосфора от агрономического фона и стока

Из графика видно, что наибольший вынос растворенного фосфора - 0,4-0,9 кг/Р/га при слое стока 100-130 мм, наблюдается на удобренном водосборе. На озимых и селитебной территории вынос фосфора в 1,5 раза меньше, а на зяби (при осенней вспашке) в 2 раза меньше чем на удобренном водосборе. При слое стока больше 200 мм вынос с зяби в 1,5 раза больше чем с озими (0,80 и 0,45 кг/Р/га).

Полученные результаты объясняются тем, что поверхностный сток талых вод (до 100 мм) формировался при сравнительно малых снегозапасах на водосборе озера, не препятствующих промерзанию почвы на большую глубину. Следовательно, сток в эти годы происходил по промерзшей почве. При слое стока 180-200 мм и вынос с зяби растворенного фосфора увеличился, благодаря большим снегозапасам и большей продолжительности снеготаяния. Причиной увеличения выноса растворенного фосфора по мнению автора являлось то, что почва к моменту формирования интенсивного стока успевала оттаять, и растворенный фосфор поступал не только с поверхности, но и из оттаявшего слоя почвы.

Таким образом, изучение выноса фосфора с твердым стоком показало, что, в целом, с наносами выносятся до 85-90 % от всего общего фосфора. Согласно установленной зависимости смыва почвы от величины поверхностного стока и агрофона, наибольшая его величина при слое стока 200 мм/га наблюдалась на зяби - около 9,0 т/га, наименьшая - на травах, где она при стоке 150-200 мм /га составляла - 150-180 кг/га (рис. 8). Автором также подтвержден факт, что почва, скрепленная корневой системой растений (озимь, травы) обладает большей противозрозионной устойчивостью, чем почва, разрыхленная осенней вспашкой. Кроме того, была получена зависимость увеличения выноса фосфора по мере увеличения величины смыва самой почвы (рис.9).

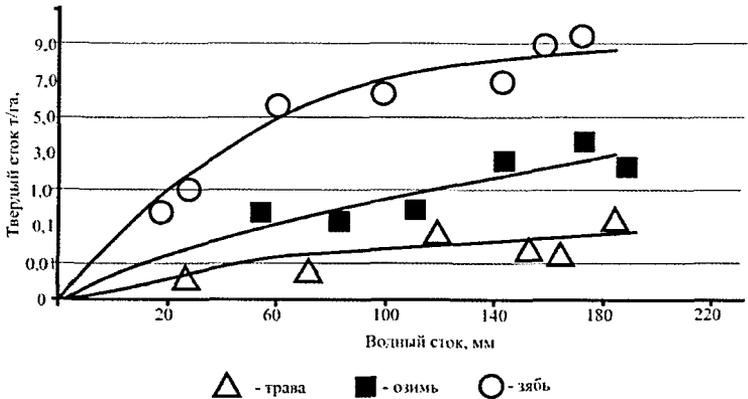


Рис. 8. Зависимость смыва почвы от агрономического фона и стока

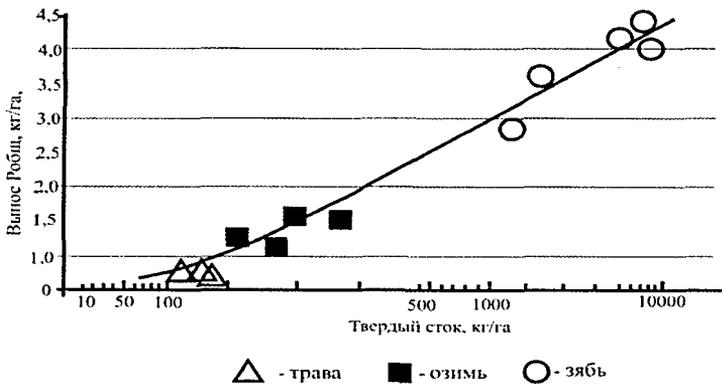


Рис. 9. Зависимость выноса общего фосфора от твердого стока

Анализ графика рис. 9 показал, наибольший вынос фосфора наблюдается на ябля – 4,0-4,5 кгР/га, на озимых не превышает 1,5 кгР/га, а на травах составляет 0,12 кгР/га, что свидетельствует о противозрозионной роли трав в современном севообороте.

Автором также проведен ряд исследований, с целью изучения влияния внесения удобрений на концентрацию и соотношение форм фосфора в почвенном растворе пахотных почв и жидкой фазе поверхностного стока, а также влияния удобрений на распределение подвижных фосфатов по профилю почвы. Результаты исследований отображены на рис 10.

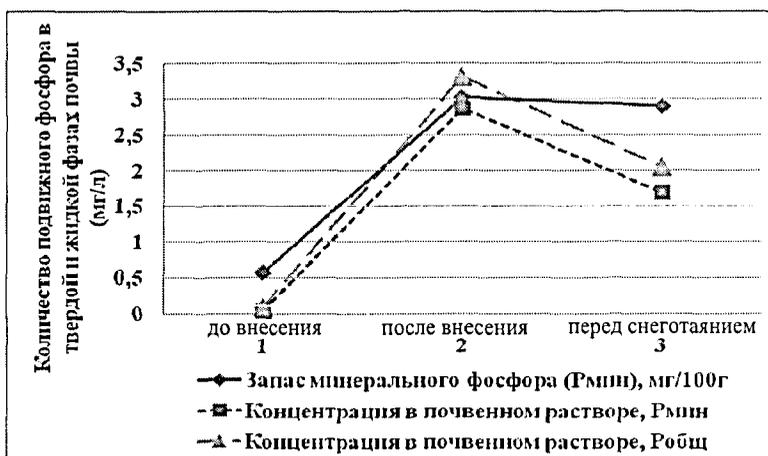


Рис. 10. Содержание фосфора в почве (мг/л) в твердой и жидкой фазах почвы

Пахотные почвы до внесения минеральных удобрений в почвенном растворе фосфора в минеральной форме практически не содержали, в твердой фазе почвы в сорбированном состоянии он присутствовал. После внесения удобрений, в почвенном растворе самых верхних слоев почвы, отмечено образование высоких концентраций фосфора в минеральной форме. За осенний и зимний период, вследствие взаимодействия фосфатов удобрений с компонентами почвы, немного уменьшился запас подвижных фосфатов в минеральной форме в твердой фазе почвы, однако минеральная форма осталась преобладающей.

В пахотных почвах, куда не вносились удобрения, концентрация фосфора в почвенном растворе была почти одинакова, с почвами под многолетними травами, но в растворе всегда присутствует фосфор в минеральной форме. В результате внесения удобрений запас подвижного минерального фосфора в твердой фазе почвы увеличивается, при этом и в почвенном растворе, и в жидком поверхностном стоке с этих почв концентрация фосфора формируется за счет его минеральной формы – R_{мин}, составляющей 90-95% R_{общ}.

Миграция фосфора в ландшафтах, не подвергнутых антропогенному воздействию, происходит с внутрипочвенным и поверхностным стоком, преимущественно в жидкой его фазе, в форме водорастворимых комплексных соединений с органическими и минеральными веществами почвы. Миграция фосфора в форме фосфатного иона в этих ландшафтах практически не происходит. Любая распашка территории, особенно неправильная, водосборов озер восточного Зауралья, вызывая процесс эрозии почв (особенно водосбор оз. Буташ), способствует увеличению миграции фосфора в твердой фазе поверхностного стока. Это создает условия для миграции фосфора в форме фосфатного иона. Так, например, распашка территорий и применение минеральных удобрений с середины 70-х годов на полях сельхозпредприятий привела к увеличению запасов рыхлосвязанных фосфатов в почве, в почвенном растворе и, как следствие,

к увеличению содержания фосфора в форме фосфатного иона в поверхностном стоке.

Таким образом, любая распашка территорий и применение минеральных удобрений приводят к изменению форм миграции фосфора. Как следствие, в малых бессточных озерах доля подвижных минеральных форм фосфора в легкодоступной для водных организмов форме, значительно возрастает. В конечном итоге это приводит к повышению уровня биопродуктивности озер Зауралья, их интенсивному зарастанию.

Следовательно, агрономический фон водосборов озер, формируемый под воздействием приемов современного земледелия определяет поверхностный, твердый, почвенный сток, и является инструментом разработки эффективных восстановительных мероприятий на зарастающих водоемах.

В заключении приведены основные выводы и результаты, полученные в ходе проделанной работы:

1. Основными естественными факторами зарастания озер восточного Зауралья являются морфологические и морфометрические особенности озер в совокупности с физико-географическими условиями и гидрологическим режимом.

2. Для водоемов восточного Зауралья характерно резкое внутригодовое колебание уровня воды. Основными источниками питания этих озер является поверхностный сток, максимум которого наблюдается в весенний период.

3. Понижение уровня озер приводит к процессам сплавинообразования и торфонакопления и постепенному заболачиванию, за счет отложения на дне растительных остатков из сообщества погруженных растений и растений с плавающими листьями. При поднятии уровня озер наблюдается повышение содержания растворенных органических веществ, неудовлетворительный газовый режим, являющиеся следствием гниения листовых пород зоны затопления.

4. Характер грунтов литорали благоприятствует распространению водных растений по акватории озер. Отсутствие каменистого грунта, наличие песчаных и иловых отложений, богатых органикой, способствует развитию как макрофитов, так и других гидрофитов, в результате чего площадь зарастания озер увеличивается, повышается биопродуктивность водоемов.

5. Для озер восточного Зауралья характерна высокая продуктивность макрофитов с большим удельным весом фитомассы воздушно-водных и погруженных растений. Для макрофитов этой территории характерны следующие особенности: малое число сообществ, менее сложное строение, по сравнению с озерами южной тайги Зауралья. Флора гидрофитов характеризуется большим разнообразием гелофитов, и значительностью занимаемых ими площадей. Перемешивание гелофитной растительности (камыш, рогоз, тростник) с мезофильной и гигрофильной (разнотравье), приводит к замещению флоры озера на флору суши. Это приводит к ухудшению качества воды, зарастанию рН, и увеличению концентрации загрязняющих веществ.

6. Зарастание малых бессточных озер восточного Зауралья зависит от ландшафтной структуры их водосборов. Ведущим антропогенным фактором,

влияющим на процесс зарастания, является вынос биогенных веществ с водосборов озер. Он в значительной степени зависит от агрономического фона и состояния поверхностного слоя почвенного покрова

7. На процесс зарастания бессточных озёр восточного Зауралья значительное влияние оказывает несоблюдение правил агротехники и использования минеральных удобрений на водосборных площадях. Преобразование водосборов озер восточного Зауралья приводит к изменению величины поверхностного стока, выноса органических и других загрязняющих веществ, и, как следствие, к изменению форм миграции фосфора в акваторию водоемов. Под влиянием вод поступающих с водосборных площадей озер происходит изменение качественного состава озерных вод и их динамики. Экосистемы водоемов развиваются в направлении высокотрофного типа.

Дальнейшие исследования процесса зарастания озер восточного Зауралья должны быть направлены на более углубленное изучение антропогенного воздействия на водоемы и их водосборы в условиях изменяющегося климата.

III. СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ.

1. Малаев, А.В. Динамика зарастания высшей водной растительностью (ВВР) малых озер юго-восточного Зауралья [Текст] / А.В. Малаев // Вестник Челябинского Государственного Педагогического Университета. Серия 4. Естественные науки. Челябинск : 2005. - №7. - С.284 - 291. (0,43 п.л.)
2. Малаев, А.В. Антропогенез – как фактор эвтрофирования озерных экосистем [Текст] / А.В. Малаев // «Проблемы экологии, экологического образования и просвещения в Челябинской области». – Челябинск, 2001. - С.79 - 80. (0,12 п.л.)
3. Малаев, А.В. Изучение понятия «Эвтрофикация» в период комплексной полевой практики со студентами географами [Текст] / А.В. Малаев, Г.И. Пуртова // «Методология и методика формирования научных понятий у учащихся школ и студентов вузов» ч. II. Челябинск : ЧГПУ, 2001. - С.133 - 134. (0,08/0,04 п.л.)
4. Малаев, А.В. Рекогносцировочное обследование территории юго-восточного района Челябинской области [Текст] / А.В. Малаев // Материалы конференции по итогам научно-исследовательских работ аспирантов и соискателей ЧГПУ за 2001 год. – Челябинск : ЧГПУ, 2002. – С.88 - 90. (0,12 п.л.)
5. Малаев, А.В. Влияние рекреационной нагрузки на процесс эвтрофирования озер Зауралья [Текст] / А.В. Малаев // «Проблемы экологии и экологического образования и просвещения в Челябинской области». – Челябинск, 2002. - С.149 - 150. (0,12 п.л.)
6. Малаев, А.В. Экологическое состояние озер Южного Зауралья на современном этапе их развития [Текст] / А.В. Малаев, М.А. Андреева // «Экология и научно-технический прогресс». - Пермь, 2003. - С.75 - 78. (0,2/0,1 п.л.)

7. Малаев, А.В. Роль биогенных элементов в процессах эвтрофирования озер Зауралья [Текст] / А.В. Малаев // «Проблемы экологии, экологического образования и просвещения в Челябинской области». Челябинск, 2003. - С.54 - 55. (0,12 п.л.)

8. Малаев, А.В. Условия формирования стока озер Зауралья и его влияние на процесс эвтрофирования [Текст] / А.В. Малаев // Материалы конференции по итогам НИР преподавателей, сотрудников и аспирантов ЧГПУ за 2002 год. – Челябинск : ЧГПУ, 2003. - С.237 - 240. (0,25 п.л.)

9. Малаев, А.В. Влияние антропогенных факторов на процесс зарастания малых озер юго-восточных районов Челябинской области [Текст] / А.В. Малаев // Материалы конференции по итогам научно-исследовательских работ аспирантов и соискателей ЧГПУ за 2003 год. – Челябинск : ЧГПУ, 2004. – С.414 - 417. (0,25 п.л.)

10. Малаев, А.В. Влияние процессов эвтрофирования на гидрохимический режим озер [Текст] / А.В. Малаев // «Проблемы географии Урала и сопредельных территорий». - Челябинск : ЧГПУ, 2004. - С.84 - 88. (0,31 п.л.)

11. Малаев, А.В. Проблема зарастания озер Восточного Зауралья и пути восстановления [Текст] / А.В. Малаев // Материалы научно-исследовательских работ аспирантов. – Челябинск : ЮУрГУ, 2003. - С.45 - 46. (0,12 п.л.)

12. Малаев, А.В. Геоэкология малых озер Зауралья и ее изменение под влиянием природных и антропогенных факторов [Текст] / А. В. Малаев // Геоэкология и природопользование. Труды XII съезда Русского географического общества Т. 4. – СПб. : 2005. - С.188 - 193. (0,37 п.л.)

13. Малаев, А.В. Сельскохозяйственное загрязнение водоемов малых озер юго-восточного Зауралья [Текст] / А.В. Малаев // «Проблемы географии Урала и сопредельных территорий». – Челябинск, 2006. - С.79 - 81. (0,18 п.л.)

14. Малаев, А.В. Влияние ландшафтной структуры водосборов озер юго-восточного Зауралья на вынос биогенных веществ в водоемы [Текст] / А.В. Малаев // «Региональные эколого-географические исследования и инновационные процессы в образовании». – Екатеринбург, 2006. – Ч. 1. - С.121 - 124. (0,25 п.л.)

15. Малаев, А.В. Организация и проведение восстановительных работ на зарастающих озерах лесостепного Зауралья - источников питьевого водоснабжения [Текст] / А.В. Малаев // «Проблемы географии Урала и сопредельных территорий» – Челябинск: ЧГПУ, 2008. С.72 - 74. (0,18 п.л.)

16. Малаев, А.В., Гидроэкологический и градостроительный подходы при создании схем территориального планирования муниципальных образований с каскадом водохранилищ [Текст] / А.В. Бобылев, А.В. Малаев, Н.С. Расказова // Вестник Южно-Уральского Государственного Университета. Серия Строительство и архитектура. Выпуск 8. - №16 (149), июнь, 2009. - С. 15-19. (0,31/0,1 п.л.)

17. Малаев, А.В. Озера Челябинской области [Электронный ресурс] / Н.С. Расказова, А.В. Малаев // Свидетельство государственной регистрации базы данных №2009620416. – Москва, Роспатент, 2009.

Подписано в печать 03.11.2009 г.
Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 1,3. Тираж 100 экз.
Заказ № 1371.

Отпечатано в ООО «Издательство "ЛЕМА"»
199004, Россия, Санкт-Петербург,
В.О., Средний пр., д.24, тел./факс: 323-67-74
e-mail: izd_lemma@mail.ru
<http://www.lemaprint.ru>