

ВКЛАД УЧЕНЫХ ИНСТИТУТА КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ ДВО РАН В ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ: ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ

Р.М. Коган

Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН, г. Биробиджан

В статье описаны геоэкологические исследования, проведенные учеными ИКАРП ДВО РАН, которые вносят определенный вклад в решение теоретических и прикладных задач геоэкологического анализа территорий, связанных с оценкой современного состояния окружающей среды и прогнозом изменения под влиянием природно-антропогенных факторов.

Геоэкологические исследования являются одним из приоритетных направлений, которые интенсивно развиваются в Институте комплексного анализа региональных проблем (ИКАРП) ДВО РАН практически с момента его образования. В постановлении Президиума АН СССР №43 от 1 марта 1990 г. «Об организации Института региональных системных исследований...» в качестве основных научных направлений было названо моделирование взаимодействия экономических, социальных, экологических систем в регионе и их прогнозирование.

Конец XX столетия был периодом, когда геоэкология из научного направления, возникшего на стыке географии, экологии, геологии, геохимии и биологии, начинает превращаться в науку, которая изучает многообразные аспекты взаимодействия общества и природы. При этом наблюдается различная трактовка её содержания, не определен круг задач геоэкологических исследований, не сформировалась общепризнанная методология и терминология.

Исторически сложилось два крупных направления этой науки:

- Геоэкология рассматривается как экология геологической среды, при этом термины «геоэкология» и «экологическая геология» полагаются синонимами. При таком подходе геоэкология изучает закономерные связи (прямые и обратные) геологической среды с другими составляющими: атмосферой, гидросферой, биосферой, оценивает влияние хозяйственной деятельности человека во всех её многообразных проявлениях, и рассматривается как наука на стыке геологии, геохимии и экологии.

- Геоэкология трактуется как наука, изучающая взаимодействие географических, биологических (экологических) и социально-производственных систем. В этом случае геоэкология изучает экологические аспекты природопользования, вопросы взаимоотношений человека и природы, для неё характерно активное использование системной и синергетической парадигм, эволюционного подхода. Здесь геоэкология рассматривается как наука на стыке географии и экологии.

Кроме того, геоэкологию иногда считают экологизированной географией, изучающей приспособление хозяйства к вмещающему ландшафту. Определенный круг

исследователей относит ее к разделу геохимии, направленному на исследование взаимодействий биотических и абиотических компонентов. Многие учёные рассматривают геоэкологию как результат современного развития и синтеза целого ряда наук: географических, геологических, почвоведческих, химических, физических – и выступают за широкое понимание геоэкологии как интегральной науки экологической направленности, изучающей закономерности функционирования антропогенно измененных экосистем высокого уровня организации.

Разработка теоретических основ и приоритетных направлений геоэкологических исследований во многом определяется тем, представителем какой науки является их автор. Так, геологи тяготеют в основном к первому, географы, биологи, представители экономических и общественных наук – ко второму из основных определений геоэкологии.

Комплексные геоэкологические исследования в ИКАРП ДВО РАН начали развиваться в работах ученых различных научных направлений и школ. Геоэкология понималась авторами как раздел экологии, изучающий взаимодействие эндогенной природной среды с биосферой и человеческим обществом в рамках целостных социоприродных систем. Ее рассматривали как теоретическую основу для развития таких прикладных отраслей науки, как природопользование и ландшафтоведение, и практическую основу для минимизации отрицательных последствий хозяйственной деятельности и разработки рекомендаций по рациональному природопользованию и охране природы.

Геоэкологическая компонента как составная часть комплексного анализа территорий, выделенных по административному (Еврейская автономная область, Дальневосточный регион), геолого-географическому (ячеистые системы) и геополитическому (приграничные области) признакам, анализировалась, прежде всего, с позиций обеспечения их устойчивого развития. Для конца XX столетия такие взгляды были достаточно прогрессивными и потребовали от авторов подробных исследований некоторых положений теоретической, методологической и практической направленности. Вектор их развития во временном аспекте можно определить как движение от

теории к практике, которое протекает в их непрерывной взаимосвязи и взаимопроникновении. При этом можно выделить два этапа, отличающиеся взглядами на геоэкологию, сочетанием полученных теоретических и практических результатов.

1 этап. 1989–2000 гг.: д.г.н. **Ф.Н. Рянский**, д.г.-м.н. **В.А. Буряк**, д.б.н. **В.Л. Морозов**, к.г.-м.н. **В.В. Юшманов**, к.г.-м.н. **В.А. Ахмадулин**, к.г.-м.н. **В.Н. Воропаев**, к.г.-м.н. **Б.О. Иванюк**, к.м.н. **Б.П. Андриевский**, **Н.М. Хмелевская**.

Предложено определение геоэкологии как раздела экологии, изучающей взаимодействие биосферы и природной среды для разработки путей естественной гуманизации и ноосфизации их отношений. Показано, как объекты геоэкологии соотносятся с объектами географических, социальных и экономических исследований, рассмотрена терминология, типизация, механизм формирования и перспективы исследования упорядоченных социоприродных систем. Особое внимание уделено структуре эндогенной природной среды и принципам ее воздействия на социосистемы.

Определена роль экологического блока в сценариях устойчивого развития регионов. Он должен содержать постоянно пополняемую базу данных о ландшафтах, предприятиях и используемых технологиях, состоянии водоемов, почв, растительности, видах и интенсивности антропогенных нагрузок, техногенных геохимических аномалиях. Для этой цели предложено использовать территориально-разнесенную систему, состоящую из блоков получения, хранения, обработки данных и анализа информации, соответствующую определенным требованиям – возможность одновременного исследования больших территорий, унифицированность и автономность средств измерения и обработки, обмен информацией на различных уровнях цикла «сбор-интерпретация данных».

Предложена методика построения описательных моделей, позволяющих определять взаимодействие экологических факторов, проводить их разделение на регулирующие и контролируемые, определять суммирование воздействия и способствовать принятию решений.

В результате эколого-ландшафтных исследований проведена детеррационная классификация ландшафтов и определен набор индикаторов для определения их нарушения. Разработаны синергические принципы, система факторов и показателей, которые использованы для физико-географического и эколого-ландшафтного районирования Амурской области, проанализировано изменение ландшафтов под влиянием хозяйственной деятельности в Приамурье за историческое время, проведен качественный и количественный анализ ландшафтных районов Южного Урала, Приморья и Приамурья, выделено несколько интеграций структурно-динамических подсистем по типу доминирующих процессов.

На основе системного анализа показана возможность использования данных о первичной геохимической специализации для оценки и прогнозирования состояния окружающей среды, состава поверхностных и подземных вод, выделения геохимических зон и поясов, эндемических заболеваний и проведения эколого-ландшафт-

ного и медико-биологического районирования. Для оценки экологического состояния континентальных водоемов Дальнего Востока использованы методы биоиндикации и биомониторинга д.б.н. **В.Л. Морозова**.

Цикл работ посвящен анализу урбанизированных территорий, районов разработки полезных ископаемых и влиянию природных и техногенных экологических факторов на здоровье человека.

Особенностью первого периода можно, по нашему мнению, считать его четко выраженную направленность на создание теории и качественных моделей геоэкологического анализа разноуровневых территорий. Они нашли свое естественное продолжение во втором периоде (2001–2010 гг.), для которого характерно сочетание теоретических, полевых и экспериментальных исследований, создание геоинформационных систем с их практической реализацией, в работах к.х.н. **Р.М. Коган**, к.б.н. **Е.А. Григорьевой**, к.г.-м.н. **В.И. Журниста**, к.г.н. **Д.М. Фетисова**, **А.В. Аношкина**, **В.А. Глаголева**, **М.В. Горюхина**, **А.М. Дорошенко**, **В.А. Зубарева**, **В.Б. Калмановой**.

Геоэкология рассматривается как междисциплинарное направление, в основе которого лежит синтез экологии и наук о Земле: географии – физической и экономической, геологии, геохимии, почвоведения, ландшафтоведения и используется географо-экологический подход, т.е. изучается состав, строение, свойства, процессы физических и геохимических полей геосфер Земли как среды обитания человека и других организмов, а так же исследуются изменения жизнеобеспечивающих ресурсов геосферных оболочек под влиянием природных и антропогенных факторов, их охрана, рациональное использование и контроль с целью сохранения продуктивной природной среды для нынешних и будущих поколений.

Тематика работ направлена на изучение экологического потенциала геосистем, их свойств и ресурсов (климатических, водных, земельных, растительных и т.д.), а также на разработку методов их оценки и прогноза: биоклиматических, биогеохимических, биотических, минерально-ресурсных и др.

Можно выделить следующие теоретические направления: классификация источников антропогенного прессинга и исследование их воздействия на объекты окружающей среды; анализ особенностей муссонного климата средних широт и его влияния на агро- и феноклиматические показатели и на пожарную опасность растительности; разработка методов прогноза и комплексной оценки пожарной опасности территории, ландшафтно-экологический анализ, исследование пойменное – русловых процессов; теоретические основы геоэкологического анализа малых и средних городов, исследование закономерностей аккумуляции, переноса и трансформации природно-антропогенных загрязнителей в системах почва-растительность, почва – вода – донные отложения, разработка геоинформационных систем для оценки качества окружающей среды. Объектом исследования является Среднее Приамурье, практическое приложение сделано в основном для территории Еврейской автономной области (ЕАО). Некоторые результаты проведенных исследований изложены ниже.

В основу классификации источников экологической напряженности положены следующие критерии: интенсивность, площадь воздействия, характер проявления, возможность аналитического контроля, прогнозирования и предотвращения. В ЕАО выделены локально-концентрированные, рассеянные, коммуникативные, постоянные и переменные, контролируемые и неконтролируемые, техногенные, природные и антропогенные, прогнозируемые и предотвращаемые источники, показано их территориальное размещение и разработаны критерии оценки для эколого-хозяйственного районирования территории.

Влияние источников загрязнения на экологическое состояние атмосферы изучено на основе расчета полей распределения поллютантов. С помощью созданной ГИС «Атмосфера города» выявлена динамика изменения качества атмосферы на территории г. Биробиджана и определены районы максимального и минимального загрязнения в различные периоды года.

Для оценки регенерационного потенциала и определения предельной антропогенной нагрузки на атмосферу в условиях муссонного климата предложено использовать коэффициент метеорологического загрязнения атмосферы (КМЗА). Анализ годовой динамики поступления в атмосферу г. Биробиджана основных загрязнителей (оксиды серы, азота, углерода) и значений КМЗА показал симбатную зависимость между этими величинами и слабую способность атмосферы (особенно в зимний период) к самоочищению.

Продолжен геоэкологический анализ бассейна рек Среднеамурской низменности на примере речного комплекса ЕАО, выделены районы распространения горных, равнинных и переходных (полугорных) типов рек либо их участков; установлены факторы, оказывающие основное влияние на экологическое состояние водных объектов: процессы переформирования речных русел и русловых форм рельефа, сбросы сточных вод, разработка полезных ископаемых в пределах пойменно-русловых комплексов; мелиорационные системы. Определены основные направления и интенсивность развития плановых деформаций излучин различного вида и стадий развития на малых и средних водотоках на данной территории.

Разработана классификация пойменно-русловых комплексов по устойчивости к антропогенному преобразованию, исследованы основные направления их трансформации в результате разработки россыпных месторождений золота, проведения мелиорационных работ и в пределах урбанизированных территорий. Созданы оценочные шкалы для характеристики явлений, протекающих в пределах пойменно-русловых комплексов, а также обозначены современные тенденции их развития в зависимости от преобладающего типа антропогенной нагрузки. Исследовано влияние на качество воды оловополиметаллических месторождений, мелиорационных работ и городских территорий. Гидрохимический анализ показал изменение соотношения сосуществующих форм тяжелых металлов в районах интенсивной антропогенной нагрузки.

Эколого-ландшафтным анализом территории Мало-Хингана выявлено 14 видов, 5 подклассов и 4 класса

природных ландшафтов. Наибольшему антропогенному прессу подвергаются примыкающие к полосе расселения вдоль Транссибирской железнодорожной магистрали, расположенные в пригородной зоне г. Биробиджана и освоенные под посевные площади на крайнем юге геосистемы.

Проведен анализ особенностей климата юга Дальнего Востока РФ, показано, что в течение многих лет температура и все основные климатические показатели испытывают заметные колебания. Выделено два пространственных кластера гидрометеостанций, их можно условно обозначить как «северный» и «южный», различия в характере и структуре которых отражают влияние как местных климатических, так и крупномасштабных атмосферных процессов. Выполнена эколого-климатическая оценка территории ЕАО с использованием трех показателей: биоклиматических, включая дискомфортность и изменчивость; рекреационного потенциала; климатических условий, определяющих особенности регенерации атмосферы. Выделены зоны: северная горная (Облученскую), средняя горно-долинная (с подзонами Биробиджанской и Екатерино-Никольской) и юго-восточная равнинная. Показано, что вектор термической дискомфортности направлен на северо-запад; в этом же направлении наблюдаются уменьшение самоочищающей способности атмосферы. Определены территории различной теплообеспеченности, выявлено постепенное удлинение вегетационного периода, отмечено снижение значения гидротермического коэффициента, особенно заметное в восточных районах, уточнены результаты районирования территории по агроклиматическим показателям.

Особенное внимание уделено комплексному анализу факторов, определяющих пожарную опасность растительности Среднего Приамурья.

Исследованы погодно-климатические условия, влияющие на формирование пожароопасных сезонов: температурный режим и суточные колебания температуры воздуха, среднегодовые суммы осадков и их распределение в теплое время года, режим атмосферного увлажнения, радиационный баланс, характеристики климата по сезонам. Выделены процессы, способствующие высыханию и «пожарной зрелости» растительных горючих материалов и появлению нескольких максимумов их горимости: сочетание высоких температур с низкой влажностью воздуха и почв, малоснежные зимы, сухие ветры. Анализ распределения «сухих» и «мокрых» дней в течение пожароопасного сезона во второй половине XX – начало XXI вв. показал, что наиболее вероятно появление засух в апреле и октябре, наименее – в июле-августе.

Определены временные интервалы внутригодовой максимальной и минимальной горимости и показано, что их продолжительность определяется границами вегетационных периодов, влияющих на состояние растительных горючих материалов, даты начала и окончания, а также продолжительность пожароопасных сезонов на юге Дальнего Востока. Исследована пространственная и межсезонная динамика средних дат перехода температуры через пороговые значения 0, 5, 10 и 15°C весной и осенью; пространственные различия продолжительнос-

ти периодов обусловлены дифференциацией климатических условий, например, широтные изменения связаны с повышением температуры с севера на юг.

Исследована зависимость между метеорологическими данными и показателями пожарной опасности, разработаны методики оценки и прогноза классов засухи, расчета вероятности возникновения пожаров растительности и построения электронных карт территориального распределения фактических и прогнозируемых классов засухи и вероятности возникновения пожаров. Создана ГИС «Оценка и прогноз пожарной опасности растительности по метеорологическим условиям, которая позволяет оценить пожарную опасность растительности по погодным условиям, проводить кратко – и долгосрочные прогнозы, выявлять территориальную динамику показателей пожарной опасности, определять районы максимальной и минимальной горимости, разрабатывать оптимальные схемы противопожарного мониторинга на территориях с регулярными метеонаблюдениями. Составлено более 200 проверочных прогнозов для территории ЕАО, и определена их достоверность.

Проведена классификация природной пожарной уязвимости основных растительных формаций на территории ЕАО. В зависимости от пирологической расчлененности территории, пространственного расположения источников возгорания и преобладающих растительных горючих материалов одни и те же растительные формации проявляют различную горимость, и количество пожаров, приходящихся на единицу площади, не коррелируется со шкалой природной пожарной опасности. Исследование положено в основу районирования ЕАО по величине индексов горимости с выделением пирологических округов и районов, последние относятся к территориям повышенной пожарной опасности.

Для комплексной оценки пожарной опасности территории разработана ГИС, включающая три подсистемы: электронные карты (общегеографической или топографической направленности); тематические электронные карты; атрибутивные базы данных. Она использована для создания серии электронных карт для ЕАО: «Территориальное распределение горельников», «Пирологические характеристики растительности», «Пожароопасность территории с учётом геоморфологических характеристик», «Антропогенная пожароопасность».

Исследовано влияние пожаров растительности на почвы широколиственных лесов, показано, что оно проявляется в уменьшении гигроскопической влажности и содержания органических веществ, увеличении зольной части и повышении фитотоксичности.

Следующий блок работ посвящен анализу урбанизированных территорий. Обоснована система контроля качества объектов городской среды, содержащая три основных блока: объекты мониторинга; оценка состояния территории; прогноз потенциальной стабильности. Проведена характеристика принципов выбора ингредиент-

ных (компонентных) критериев; разработки интегральных показателей и оценочных шкал; выделения элементарных территориальных единиц, ранжирования территориальных систем по экологическому состоянию и объединения в более крупные иерархические единицы. Предложена схема геоэкологического мониторинга малых и средних городов. Установлено, что выбор направлений регулирования и оптимизации качества урбогеосистем возможен на основе комплексного анализа всех природных объектов городской территории с использованием взаимодополняющих геохимических, биоиндикационных, геоинформационных, медико-биологических и математических методов нахождения зависимости между состоянием депонирующих и транзитных сред, с одной стороны, и биологических объектов – с другой.

Разработаны методики интегральной оценки экологического состояния городской среды. На примере г. Биробиджана, взяв за основу многолетний опыт полевых работ, проведен выбор маркерных поллютантов и биоиндикаторов и дана эколого-геохимическая оценка и зонирование территории на основе показателей суммарной концентрации (СПК) тяжелых металлов и экологического состояния (ПЭКС) компонентов депонирующей среды.

Созданы ГИС «Город», содержащая базу данных по концентрации тяжелых металлов в компонентах депонирующей среды, и серия тематических карт экологического состояния исследуемой городской территории. Для рекреационной оценки г. Биробиджана разработана ландшафтная карта города, включающая природные и антропогенные выделы, определенные в соответствии с принципами единства происхождения и однообразия, а урбoландшафты – с учетом функциональной типологии. Проведена оценка городских ландшафтов для десяти видов рекреационной деятельности, выделены городские ландшафты с высоким рекреационным потенциалом.

В заключение следует отметить, что многие исследования доведены до практической реализации на территории ЕАО. Например, электронными картами горельников пользуются лесхозы и Управление по особоохраняемым природным территориям, ГИС «Оценка и прогноз пожарной опасности растительности по метеорологическим условиям» – отделение Авиалесоохраны, результатами анализа размывов береговых откосов рек – ГУ МЧС России по ЕАО.

Таким образом, исследования, проведенные учеными ИКАРП ДВО РАН в период с 1989 по 2010 гг., основаны на использовании современных методов и методик геохимического анализа, экологического картирования, моделирования, геоинформационных систем и технологий, баз данных, дистанционных исследований; это позволило внести определенный вклад в решение теоретических и прикладных задач геоэкологического анализа территорий, связанных с оценкой современного состояния и прогнозом изменения природной среды под влиянием природно-антропогенных факторов.

This article describes geo-environmental studies conducted by the scientists of ICARP FEB RAS, which contribute to the solution of theoretical and applied problems in the area of geo-environmental analysis, the environment current condition assessment and a forecast for its changes under the influence of natural and anthropogenic factors.