

## ОСОБЕННОСТИ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕРРИТОРИЙ

И.И.Косинова, В.В.Ильяш

Воронежский государственный университет

Эколого-геологические исследования есть структура изучения и совокупность методов, преследующих цели создания моделей оптимальных эколого-геологических систем. Методические особенности эколого-геологического изучения почвенных отложений предполагают их рассмотрение в качестве геологических тел, являющихся базовым элементом в системе жизни планеты.

Экологическая геология как наука выросла из инженерной геологии, изучающей проблемы охраны и рационального использования геологической среды. Природно-технические системы, анализируемые в инженерной геологии, включают “собственно техническую систему, а также некоторую часть окружающей и геологической среды в пределах так называемой зоны влияния или зоны воздействия технической системы на геологическую среду” [1]. Особенности эколого-геологических исследований рассмотрены нами в сравнении с комплексом инженерно-геологических и гидрогеологических исследований. Как экологическая геология, гидрогеология и инженерная геология претендуют на экологический аспект собственного развития. Однако только первая наука включает биоту как элемент изучения. Экологическая геология использует практически все существующие методы геологических исследований, аппроксимируя их на анализ условий жизнеобеспечения и эволюции биоты и человека в частности. В.Т.Трофимовым, Д.Г.Зилингом выделены следующие экологические функции литосферы:

- 1) ресурсная – включает минеральные, органические и органоминеральные ресурсы, подземные воды, геологическое пространство, рассматриваемые как необходимый компонент жизни и деятельности экосистем;
- 2) геодинамическая – способность литосферы к развитию природных и антропогенных геологических процессов и явлений, определяющих условия жизнедеятельности экосистем;
- 3) геофизико-геохимическая – представляет совокупность геофизических и геохимических полей, влияющих на экологическую комфортность территории.

Сравнительный анализ исследований данных функций выявил, что они анализируются как при эколого-геологическом, так и при гидрогеологическом, инженерно-геологическом изучении территорий (табл.1). Однако только экологи-

го-геологические исследования взаимосвязывают ресурсную, геодинамическую и геофизически-геохимическую функции литосферы с физиологическим состоянием человека, условиями комфортности его проживания. Следует также отметить строго дифференцированное целевое наполнение исследований. Так, например, при изучении пород в качестве ресурса использования при инженерно-геологических исследованиях они изучаются как геологическое пространство, вмещающее инженерные сооружения. При гидрогеологических исследованиях породы как ресурс не рассматриваются. Эколого-геологические исследования предполагают детальное изучение пород как источника минерального вещества, необходимого для существования биоты и человека в частности. Целевой подход определяет структуру ЭГИ и комплекс используемых методов.

В целом следует отметить, что эколого-геологические исследования представляют собой прикладной аспект нового научного направления в геологии, синтезирующего информацию о геологической среде как абиотическом компоненте существования и эволюции биоты.

Целью экогеологических исследований любого уровня является получение необходимой информации для создания равновесной и устойчивой модели взаимодействия геологической среды и человека.

Системный подход при экогеологических исследованиях позволяет провести их иерархизацию, выявить новые свойства, возникающие в результате взаимодействия элементов в рамках целостного явления. В этой связи экогеологические исследования являются упорядоченной определенным образом целостной структурой, единым сложным объектом. В связи со своей универсальностью системная парадигма доминирует в современной науке. Согласно Л.Фон Бергаланфи, мир систем функционально аналогичен [2]. В этой связи методология экогеологических исследований базируется на общих законах изучения систем, таких как:

- аксиома эмерджентности - целое всегда имеет особые свойства, возникшее как новое качество при сложении его частей. Так, при экогеологических исследованиях анализируются геологические тела, их взаимосвязи, искусственные объекты и т.п., которые в сумме образуют иное качество - экогеологические системы;

- закон полноты составляющих весьма актуален для ЭГИ. Он предполагает наличие оптимального числа функциональных составляющих системы. Согласно данному закону структура экогеологичес-

Таблица 1

Сравнительная оценка исследований экологических функций геологической среды

Компоненты ЭГС	Экологические функции ГС											
	ресурсная			геодинамическая			геохимическая			геофизическая		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Почвы	-	-	+	+	+	+	-	+	++	-	-	+
Породы	++	-	++	++	+	+	+	+	++	+	+	+
Подземные воды	-	++	+	+	+	+	+	++	+	-	+	+
Донные отложения	-	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+
Приземные и подземные газы и аэрозоли	-	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-
Человек	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+

Примечания: 1 - инженерно-геологические исследования; 2 – гидрогеологические исследования; 3 – эколого-геологические исследования; (-) не изучается; (+) изучается; (++) изучается детально.

ких исследований должна характеризоваться полнотой методов, способных решать конкретные задачи;

- закон достаточности - определяющий оптимально достаточное количество наблюдений, соответствующее определенному уровню изучения при решении конкретных задач. Он выступает с одной стороны, как фактор самоограничения количества необходимых наблюдений. С другой стороны, он является фактором, позволяющим избежать чрезмерную детализацию при интерпретации полученной информации [3].

Итоговым обобщением перечисленных законов является закон оптимальности, обеспечивающий наибольшую эффективность существования системы в некоторых пространственно-временных координатах. Объем и виды ЭГИ должны обеспечивать оптимизацию экологических свойств геологической среды для создания концепции устойчивого развития территорий.

Важнейшей методологической предпосылкой экогеологических исследований является исторический подход, отражающий концепцию развития материального мира во времени. Каждое геологическое тело, а также искусственный объект рассматривается как часть ряда событий. Изучение исторического развития обозначает фиксирование его динамики во времени. Философская категория времени предполагает, во-первых, длительность, т.е. обладание комплексом метрических свойств, во-вторых, смену структурных отношений между материальными объектами в пространстве. Количественная сторона времени

определяется его метрическими свойствами, а качественная - причинно-следственными связями и условиями их сохранения в различные моменты. Исторические исследования геологических тел и процессов охватывают их в геологическом времени [4]. Возникновение и трансформация техносферы изучается в историческом времени существования человечества. Экогеологические системы образовывались на разных этапах развития общества. Современные ЭГИ предполагают рассмотрение объектов как целостных систем, возникших в результате определенной истории развития геологических тел и техносферы. Они претерпевают необратимые изменения во времени, реализуют тенденции дальнейшего развития, открывают перспективы будущих состояний. Историзм тесно связан с концепцией детерминации явлений. Экогеологические исследования должны прослеживать закономерное чередование, преемственность фаз развивающихся объектов. В этой связи структура ЭГИ складывается и реализуется в конкретном пространственно-временном интервале существования человечества.

Актуалистический метод представляет собой разновидность метода аналогий, который устанавливает принципиальное сходство современных и прошлых исследований, явлений. Несомненно, учитываются различия в пространственной и временной локализации. Так, высоко эффективные исследования по добыче золота приурочены к культуре Амра (около 4500 лет до н.э.) Население Древнего Египта намывало золото из древних террас и донных песков Нила.

Коренные месторождения и россыпи разрабатывались также в Нубии (нуба - золото). После раскопок в Долине фараонов сотни геологов устремились на поиски и добычу золота, так как считали, что техника разведки и добычи драгоценных металлов пять тысяч лет назад была весьма несовершенной. Однако нередко ни в отвалах древних золоторудных месторождений, ни в самих недрах даже присутствие золота не устанавливалось. В период с 1902 по 1919 г. специалистами была обследована территория между Нилом и Красным морем. Однако все существовавшие россыпи и коренные месторождения были опробованы и полностью выработаны древнеегипетскими коллегами. Удивительный по эффективности метод добычи золота “разработкой смывом” описан Плини-

ем в “Естественной истории”.. Актуалистический метод позволяет провести анализ смены структур событий в последовательных синхронных срезах прошлого и экстраполировать их на настоящее.

Таким образом, предлагаемая методология экогеологических исследований базируется на комплексе общегеологических обобщений, рассматривает экогеологические системы как сложный исторически сформировавшийся объект изучения.

Одним из видов эколого-геологических исследований является изучение почвенного покрова

Таблица 2

Показатели степени деградации почв по отдельным факторам

Факторы	Степень деградации				
	0	1	2	3	4
Потеря почвенной массы т/га/год	5	6 -25,5	26 - 100	101 - 200	> 200
Содержание суммы токсичных солей в верхнем слое (вес.%)					
с участием соды	0.1	0.11 - 0.2	0.21 - 0.3	0.31 - 0.5	> 0.5
для других типов засоления	0.1	0.11 - 0.25	0.26 -0.5	0.51 - 0.8	> 0.8

как своеобразного геологического тела, являющегося базовым элементом в системе жизни планеты [5]. Экологическое почвоведение, прежде всего, подразумевает разработку системы охраны и контроля состояния почв, причем рассматриваются те свойства, которые обеспечивают устойчивое и качественное плодородие. Эколого-геологические исследования всегда проводятся целенаправленно. В рассматриваемом аспекте они определяют роль экологических функций геологической среды в общей тенденции преобразования почвенного покрова.

Помимо своей основной биосферной функции почвенный покров выполняет и роль регионального геохимического барьера для многих химических элементов и их соединений, в том числе и тяжелых металлов в форме органометаллических комплексов. В настоящее время вторая функция заметно усиливается на территориях, где развиваются техногенные ландшафты. В результате в трофические цепи проникают как природные, так и синтезированные (искусственные) чужеродные для биосферы вещества [6].

Высокая степень трансформирования наблюдается также для геодинамической экологической функции почвенного покрова. Естественные и техногенные факторы, вызывающие эрозионные процессы, приводят также к деградации почв, что в свою очередь оказывает негативное влияние и на биоту. Поэтому на

таких территориях эколого-геологические исследования должны сопровождаться изучением степени преобразования почвенного покрова.

Старооскольский район является частью Центрально-черноземной области, одной из главных житниц России. В то же время, это и индустриально развитый район. Промышленную основу его составляют разработки трех уникальных по своим запасам и качеству руд месторождений железа. В связи с этим здесь возникают определенные проблемы природопользования. Имеет место отторжение пахотных земель, которое может и возрастать из-за вынужденной консервации земель ввиду ограниченности или даже непригодности использования в сельскохозяйственном производстве [7]. Поэтому оценка состояния почвенного покрова здесь является особенно актуальной.

Целью эколого-геологической оценки состояния почвенного покрова является дифференциация территории по степени деградации почв. Деградация почв - это ухудшение их качества под воздействием как естественных, так и техногенных факторов. В основе подхода лежит принцип градации земель по степени отклонения от среднего естественного состояния. В нормативных материалах предусматривается ряд критериев для оценки их состояния в зависимости от конкретных условий, задач и масштаба исследований [8]

Учитывая, что работа выполнена по новым нормативам и впервые в целом для всего района, она проводилась как картирование с плотностью сети наблюдений и опробования, соответствующей масштабу 1:200 000. В качестве основных критериев состояния были приняты: 1) ежегодные потери почвенной массы в результате эрозионных процессов, 2) загрязнение тяжелыми металлами, 3) засоление и степень кислотности.

Согласно нормативам, выделяется пять уровней деградации почв, с пороговыми значениями, которые приводятся в таблице 2.

Для оценки эрозионного фактора при эколого-геологических исследованиях рекомендуется использование показателей как плоскостного, так и линейного смыва. Для исследований в районе с равнинным характером рельефа первый более предпочтителен, так как плоскостной смыв почв является здесь доминирующим [9].

Расчеты ежегодных потерь нами производились на основе уравнения Вишмеера [10]  $A = RKLSCP$ , где  $A$  - ежегодные потери почвенной массы т/га/год,  $R$  - фактор эрозионной способности дождя,  $K$  - фактор податливости почв эрозии,  $L$  - фактор длины склонов,  $S$  - фактор крутизны склонов,  $C$  - фактор растительности и севооборота,  $P$  - фактор эффективности применяемых противоэрозионных мероприятий.

Отбор проб почв для определения содержаний в них тяжелых металлов осуществлялся по маршрутам по сети 2 x 1 км методом средней пробы. Последняя составлялась способом квартования из двадцати рядовых, отбираемых равномерно с квадрата 100 x 100 м. Масса рядовых - 0.5 кг, средних - 1 кг, глыбина отбора 15 - 20 см.

Определение уровней загрязнения проводилось на основании показателей, выделенных в соответствии с «Порядком определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами», утвержденным Мин природы России в 1993 г. Группировка показателей унифицирована, не учитывает типовых особенностей почв и предназначена для принятия административных решений по использованию земель. Условно чистыми по этой группировке считаются почвы с содержанием загрязняющих химических веществ, не превышающих их ПДК. К засоленным относятся почвы, содержащие в своем составе легкорастворимые соли в концентрациях, являющихся токсичными для сельскохозяйственных культур. Кроме того, соли повышают осмотическое давление в почвенных растворах и приводят к негативным изменениям структуры самих почв. К наиболее токсичным относятся сода и хлориды, а к менее токсичным - сульфаты Na, Mg.

Ионный состав солевых компонентов определялся методом водных вытяжек из всех средних проб. Оценка засоленности почв проводилась в основ-

ном по соотношению анионов. Тип засоления определялся по анионам, содержание которых превышает 20% суммы мг-экв анионов и с учетом соотношения главных катионов: Na, Ca, Mg между собой и анионом  $\text{HCO}_3$ . Классифицирование почв по степени засоления проводилось согласно принятой методике [8].

При определении степени деградации почв Старооскольского района суммировались содержания токсичных солей хлоридного и сульфатного типов.

Кислотность почвенных растворов обусловлена присутствием свободных органических кислот или других органических соединений, содержащих функциональные кислотные группы, свободные минеральные кислоты и другие компоненты с кислотными свойствами ( $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ).

### Результаты эколого-геологической оценки состояния почвенного покрова в Старооскольском районе

**Эродированность почв.** Потери почвенной массы за счет эрозионных процессов происходят в результате взаимодействия естественных и антропогенных факторов. Первые обусловлены геолого-геоморфологическими особенностями района (рис 1). Исследованная территория, являясь частью Среднерусской возвышенности, представляет собой сильнопересеченную эрозионную равнину с широким распространением покровных отложений и близостью к дневной поверхности, а местами и обнаженностью коренных мел-карбонатных пород.

Неотектонический режим геологической структуры, в пределах которого расположен район, предопределяет устойчивую тенденцию восходящих движений, вследствие которых активизируются эрозионные процессы. Повсеместно наблюдается подновление эрозионных врезов в оврагах и балках. Баланс эрозии с темпами почвообразования представляет собой весьма неустойчивое равновесие, которое может нарушаться хозяйственной деятельностью человека и, прежде всего, за счет распашки склонов [11].

Следует отметить, что за прошедшие полвека, с тех пор как в Черноземье начала осуществляться масштабная программа создания системы лесозащитных полос, она показала себя весьма эффективной в деле сохранения почв не только от ветровой дефляции, но и от смыва за счет талового и дождевого стока. Интенсивность плоскостной эрозии здесь незначительна. Доминируют площади с уклоном местности 3-5%, Это плоские равнинные участки водораздельных пространств и прилегающие к ним пологие верхние части склонов балок или долин мелких водотоков. Они практически всегда, распашаны и, тем не менее, возможные ежегодные потери почвенной массы здесь не превышают 5 т/га и, следовательно, согласно нормативным показателям, имеют низшую степень

деградации по данному фактору. Можно допустить, что интенсивности смыва почв в результате плоскостной водной эрозии и процессов почвообразования здесь соизмеримы.

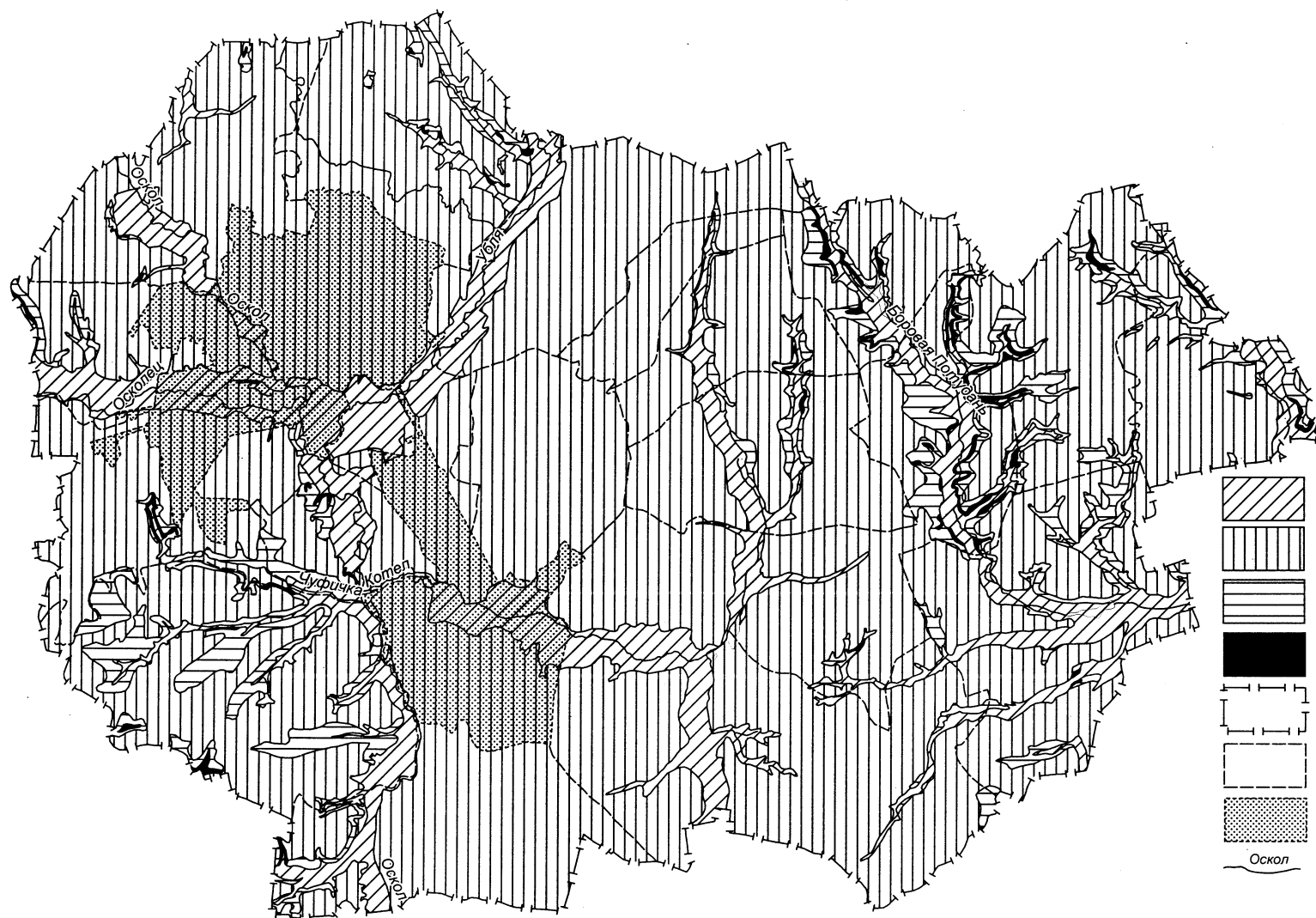
Слабо деградированные земли (первая степень) с показателем потерь 5-25 т/га приурочены к не крутым (6-15%) и не очень длинным склонам балок, суходолов, долин речек или же к верхним частям длинных склонов со сложным продольным профилем. Верхняя граница таких склонов и, соответственно, верхняя граница зоны слабо деградированных земель, почти всегда совпадает с границей распашки, что свидетельствует о соблюдении в районе элементарных правил культуры земледелия. Обычно такие склоны задернованы и используются местным населением как сенокосные угодья или под пастбища. К этим же по степени деградации относятся и земли, примыкающие к верховьям овражно-балочных систем, не закрепленных кустарниково-лесными насаждениями.

Средне деградированные земли характеризуются потерями почвенной массы в 26-100 т/га. Это склоны с крутизной более 15-25% или нижние отрезки

длинных и сложных по профилю склонов, с резким увеличением крутизны. Особенностью их является то, что именно здесь происходит заметная трансформация плоскостного стока в линейный и, кроме того, на этих отрезках склона дерново-растительный покров оказывается более всего нарушенным в результате выпаса скота. Доля таких земель в районе не превышает первых процентов.

Площади более высоких почвенных потерь еще менее значительны. Они приурочены к очень крутым склонам (более 25%) и выделены в западной и восточной частях района, где рельеф наиболее расчленен. Таких склонов в районе очень мало и длина их не превышает первых метров или первых десятков метров. Тем не менее, они являются наиболее потенциально опасными в отношении возникновения линейных форм эрозии.

При сравнении роли отдельных факторов, определяющих эрозию почв, легко заметить, что после



**Рисунок. Карта деградації ґрунтів Старооскольського району за показником ґрунтових втрат:** 1 - 4 - типи деградації ґрунту за рангом потенціальних ґрунтових втрат (т/га/год) 1- площі накопичення, 2- недеґрадовані (< 5), 3- слабдеґрадовані (6-25), 4- середнедеґрадовані (26-100); 5- границя Старооскольського району; 6- границі господарств; 7- контур г. Старий Оскол; 8- гідротель.

рельефа наибольшее значение имеет характер материнских пород. На песчаных грунтах при отсутствии растительного покрова глубокие промоины возникают буквально на глазах (балка Гусли). Аналогичная картина наблюдается и там, где при пропашных культурах распашка ведется не по горизонталям, а по склону.

В целом же в районе противоэрозионные мероприятия проводятся, и достаточно велик запас прочности старых мероприятий. Так на склонах еще хорошо выражены противоэрозионные микротеррасы, применяется комплексная многоярусная защитная система размещения травяной, кустарниковой, древесной растительности, на полях широко используются буферы многолетних трав, вершины балок и оврагов надежно защищены древесно-кустарниковыми насаждениями. Наличие систем защиты препятствует развитию неблагоприятных геодинамических процессов.

**Загрязнение почв тяжелыми металлами.** Загрязнение почв тяжелыми металлами определялось путем выявления элементов, обладающие наиболее выраженными миграционными способностями в системе "геологическая среда - биота": Sn, Zn, Pb, Ni, Cr, V, Mn. Отличием эколого-геологического изучения почвенного покрова является выявление элементов литофильного ряда, активно мигрирующих в трофических цепях и определение их роли в формировании биогеохимических аномалий [12].

При пространственном совмещении ареалов загрязнения всего комплекса выше именованных металлов, выясняется, что более половины территории района имеет второй уровень загрязнения (табл.2). При этом нетрудно видеть антропогенную природу этого явления. Пищевые цепи возникают как результат сложных взаимоотношений между породами, почвой и растительностью. Автотрофные растения создают первичную биомассу, аккумулируя солнечную энергию и минеральные вещества. Данный трофический уровень в результате техногенного воздействия характеризуется дифференциацией потока вещества и энергии. Так для зерновых культур характерно максимальное поглощение бора, а для клубневых - марганца, никеля и хрома. Аналогичная тенденция наблюдается для травянисто-кустарниковой растительности. Эти элементы, имея глубинное литосферное происхождение, на поверхность могут попадать при проведении буровзрывных работ в карьерах. Концентрирование никеля, свинца, цинка и других элементов в растениях дает суммарный токсикологический эффект, представляющий опасность при перемещении на более высокий уровень пищевых цепей.

Выше отмечалось, что основной механизм накопления металлов в почвах в условиях района это их сорбция глинистыми минералами, поэтому тяжелые глинистые почвы правобережья р. Оскол в естественных условиях отлича-

ются более высоким геохимическим фоном по сравнению с таковым для левобережья, где преобладают легкие почвы с песчаным субстратом. Тем не менее и на левобережье отмечены комплексные аномалии Pb, Ni, Sn, Cr, Mn, Zn техногенной природы, нередко приуроченные к промышленным свалкам.

В северо-восточной части района комплексные геохимические аномалии (по олову пятый уровень загрязнения) четко подчинены рельефу, своей конфигурацией повторяя рисунок интенсивно-развитой здесь овражно-балочной сети.

**Состояние почв по кислотности.** В почвах Старооскольского района содержатся следующие химические соединения, определяющие кислотность почвенных растворов: 1) свободные нелетучие органические кислоты; 2) соли сильных оснований и слабых органических кислот; 3) свободная углекислота и соли угольной кислоты; 4) аммонийные соли слабых органических кислот.

Количественное соотношение этих и других компонентов в черноземах района в общем случае определяют значение pH близкое 7. При появлении CaCO<sub>3</sub> реакция становится слабощелочной. При этом почвы обладают свойством снижать pH до 7 за счет почвенной углекислоты и атмосферного воздуха (кислотно-основная буферность).

На большей части территории в районе (80%) почвы по pH являются не деградированными, но имеются (в основном на левобережной части) локальные участки площадью от 2 до 25 км<sup>2</sup>, которые по этому показателю относятся к слабо подкисленным.

## Выводы

1. Эколого-геологические исследования базируются на комплексе методов геонимических и биологических наук. Их основным отличием является направленность и характер оценки полученной информации. Функциональное назначение эколого-геологических, в отличие от иных геологических исследований состоит в обеспечении благоприятных условий жизнедеятельности экосистем различного уровня организации.

2. Методика эколого-геологических исследований почв отличается от принятой в почвоведении. В их структуру не включаются ресурсные функции почв, определяющие их плодородие. Основной акцент делается на геохимический и геодинамический аспекты, изучение мощных геохимических барьеров, имеющих экологическое значение и анализ динамики эрозионных процессов. Антропоцентрический подход при эколого-геологическом картировании почвенного покрова предполагает рассмотрение максимального количества абиотических атрибутивных и внешних факторов системы, определяющих уровень физиологических, биофизиологических и биохимических механизмов регуляции экосистемы.

3. Эколого-геологические исследования почвенного покрова Старооскольского района позволяют сделать заключение о том, что максимальные уровни деградации связаны с засолением и техногенным загрязнением тяжелыми металлами.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Королев В.А. Мониторинг геологической среды. -М., 1995. – 272с.
2. Bertaffy L. General system theory: Foundation, development, applications. -№4., 1968. – 289р.
3. Зеергофер Ю.О., Батуриная И.В., Лушникова Н.П. Ретроспективный анализ геологической среды // Инженерная геология. -1987. -№2. -С13-22.
4. Побоедов Н.И., Карцев А.А., Рогинец И.И. Научно-методические основы экологической гидрогеологии. -М., 1992. –62с.
5. Теория и методология экологической геологии / В.Т.Трофимов и др. –М., 1997. – 368с
6. Косинова И.И. Об особенностях эколого-геологических исследований приповерхностных отложений / Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геологическая. -1999. -№8. -С.190-192.
7. Ахтырцев Б.П., Соловиченко В.Д. Почвенный покров Белгородской области. Структура, районирование и рациональное использование. -Воронеж.,1984. –264 с.
8. Государственный контроль за использованием и охраной земель. Нормативные материалы. Вып.3. -М., 1995. –416 с.
9. Заславский М.Н. Карта эрозионного индекса дождевых осадков Европейской территории СССР и Кавказа / Эрозия почв и русловые процессы. Вып. 8. -М., 1981. – 119 с.
10. Wischmeier W.H., Smith D.D. Predicting rainfall erosion losses / Agricultural handbook 537. -Washington, 1984. -81 p.
11. Ларионов Г.А. Эрозия и дефляция почв. -М., 1993. -297 с.
12. Экологические функции литосферы / В.Т.Трофимов, Д.Г.Зилинг, Т.А.Барабошкина и др. –М., 2000. – 432с.