

УДК 55:502:64

В.Т. Трофимов, А.Д. Жигалин, Т.А. Барабошкина, М.А. Харькина, Н.Д. Хачинская, Л.А. Цуканова

## ИЗМЕНЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ЛИТОСФЕРЫ ПРИ ВОЕННЫХ ДЕЙСТВИЯХ

**Введение.** Исторический опыт показывает, что войны являются неременным атрибутом существования человечества. Время, изменив облик человеческого сообщества, изменило и характер войн. И хотя цели ведения войны остались те же — экспансия и разделение сфер политического, религиозного и экономического влияния — стратегия и средства ведения боевых действий существенно изменились. Изменился и “экологический отклик” природной среды на этот вид человеческой деятельности. В течение длительного периода истории человечества войны, неся гибель и разрушение, приводящие к исчезновению государств и народов, не были катастрофическими по своим экологическим последствиям, поскольку не затрагивали основ существования экосистем. Только с утверждением индустриальной цивилизации сформировались такие условия, при которых войны приводят к значительным изменениям окружающей среды, всех ее компонентов, к трансформации геоэкологической обстановки в целом.

Во все времена вести войны могли только сильные государства, хорошо организованные, с развитым хозяйством. Этот принцип сохранился и теперь. Несколько десятилетий, прошедших со времени окончания самой разрушительной войны в истории человечества, не принесли всеобщего мира. Появление оружия невиданной доселе силы воздействия, играющего роль средства сдерживания, а также усилия объединенных наций позволяют избегать “больших” войн. Войны трансформировались в локальные конфликты, в рамках которых решение исконных проблем сопровождается испытанием все более мощных средств взаимоничтожения, создаваемых все теми же сильными и хорошо организованными государствами с развитой индустрией, в том числе военной.

Существует различие между военной деятельностью, осуществляемой в мирное и военное время [7]. В мирное время военная деятельность в значительных объемах укладывается в рамки обычной хозяйственной деятельности, правда, с акцентом на тяжелое промышленное производство и создание стратегических запасов провианта, моторного топлива и боеприпасов. Однако с началом военных действий и в течение некоторого предшествующего периода наращивание военного потенциала требует перестройки промышленной и строительной индустрии, принятия срочных мер для обеспечения превосходства над противником при начале войны или, наоборот, для обороны и отражения нападения. При этом вопросы соблюдения экологических норм отходят на задний план, и страна, на чьей территории ведутся боевые действия, несет большой дополнительный экологический урон. Более того, во время

войны реализуются самые “жесткие” сценарии чрезвычайных ситуаций.

Ведение боевых действий приводит к существенным изменениям экологической обстановки в регионах, где происходят так называемые локальные военные конфликты. Примерами могут служить последствия применения тактики “выжженной земли”, тотального разрушения гидротехнических сооружений, уничтожения растительности на больших площадях как при наступлении, так и при отходе войск. Изменения экологической обстановки (нарушение экологических функций литосферы) происходят как непосредственно в активный период военных действий, так и после него в течение довольно продолжительного времени. При этом изменения подвержены практически все компоненты природной среды, в том числе литосфера и ее экологические функции.

Экологические функции литосферы представляют собой все многообразие свойств, определяющих роль литосферы в обеспечении условий существования живых организмов, главным образом человеческого сообщества [12]. Хозяйственная деятельность индустриально развитого человеческого сообщества всегда сопряжена с изменением экологических функций литосферы — ресурсной, динамической, геохимической и геофизической. Изменения эти, зачастую негативные, в зависимости от силы воздействия могут иметь обратимый или необратимый характер. Необратимые негативные изменения экологических функций литосферы способствуют изменению общей экологической обстановки, что приводит к деградации и гибели экосистем.

При ведении военных действий изменения экологической обстановки практически всегда имеют негативные последствия, которые проявляются на ограниченных территориях в случае локальных конфликтов или на региональном уровне при расширении театра военных действий или при длительном их течении. Изменениям (трансформации) подвержены все экологические функции литосферы — ресурсная, геодинамическая, геохимическая и геофизическая. При этом очень часто воздействие одних и тех же факторов способствует изменению сразу нескольких видов экологических функций. В качестве примера можно указать на атомные бомбардировки или использование напалма и дефолиантов, представляющие собой факторы комплексного воздействия. Поэтому анализ изменений каждой из экологических функций литосферы, выбранной по ходу изложения доминантной, по мере необходимости будет сопровождаться комментарием, раскрывающим характер изменений экологических функций другого вида.

### Трансформация ресурсной экологической функции литосферы

Ресурсная экологическая функция литосферы применительно к человеческому сообществу отвечает за размещение в геологическом пространстве поселений, а также наличие земель, необходимых для восполнения продовольственных запасов, строительных материалов и сырья для промышленности и производства энергии. В случае военных действий ресурсная функция литосферы изменяется по двум генеральным направлениям — сокращению ресурса геологического пространства и уничтожению или значительному снижению ресурсов жизнеобеспечения и сырья для промышленного и энергетического производства.

По меркам мирного времени территории, контролируемые военными, во всем мире занимают от 750 тыс. до 1,5 млн км<sup>2</sup>. Эти территории исключаются из любого другого вида использования ввиду секретности и потенциальной опасности военных объектов. В период войны площадь таких территорий значительно возрастает. В табл. 1 приведены данные, иллюстрирующие увеличение территории театров военных действий с античных времен до наших дней [9]. Инженерная подготовка европейских театров военных действий в Первую и Вторую мировую войну потребовала выемки и перемещения нескольких миллиардов кубометров грунтов. Сотнями тысяч километров исчисляется протяженность траншей, ходов сообщения, противотанковых рвов, десятками миллионов километров — число окопов, блиндажей и воронок от бомб, снарядов и мин.

Таблица 1  
Площадь земель, отчуждаемых для военных целей

Исторический период (событие)	Отчуждаемая территория из расчета на 100 тыс. чел., км <sup>2</sup>
Античные времена	1
Наполеоновские войны	20
Первая мировая война (1914—1918)	248
Вторая мировая война (1939—1945)	3000
Арабо-израильская война (1973)	4000
Маневры НАТО в ФРГ (1978)	55 000

Сопутствующее военным действиям изменение горных пород путем их дробления, разрыхления, деформирования, перемещения и т.д., приводящее к образованию искусственных грунтов, сопровождающая этот процесс трансформация других компонентов и элементов ландшафта по своим масштабам могут превышать геологические изменения, происходящие при землетрясениях, наводнениях, извержениях вулканов [11]. Образование искусственных грунтов связано также с разрушением инженерных сооружений при обстрелах и бомбардировках. Такие “грунты” состоят из обломков зданий и сооружений. Так, например, современный г. Воронеж, практически полностью разрушенный во время Великой Отечественной войны, воссоздан на таких отложениях, мощность которых местами

достигала нескольких метров. Примером негативных изменений приповерхностной части грунтовой толщи во время военных действий может служить также война во Вьетнаме. Там в ходе боев с применением тяжелых авиабомб и снарядов было перемещено в общей сложности 2,5 млрд м<sup>3</sup> земли, что на порядок превышает объем земляных работ при сооружении Суэцкого канала. Оставшиеся после войны 30 млн воронок глубиной 6—9 м обезобразили поверхность, вызвали эрозию, оползни, нарушили сток, гидрогеологический режим земной поверхности, что практически сделало эти земли непригодными для хозяйственной деятельности.

Районы боев, а также территории, к ним примыкающие, становятся практически непригодными для жизни (если иметь в виду антропогенный компонент геобиосистем) или ограниченно пригодными для существования животных и растений. Следствием этого является сокращение продовольственной базы страны, на территории которой ведутся боевые действия. Необходимость сырья и энергии для военного производства приводит к преждевременному истощению ресурса полезных ископаемых, что особенно заметно при затяжных военных конфликтах.

Использование различных боеприпасов создает опасность химического загрязнения верхних слоев литосферы, включая почвенный покров и подземные воды, которое сохраняется многие годы. Разрушение нападающей стороной оборонных предприятий, складов топлива, оружия и боеприпасов противника вносит свою лепту в повышение потенциала общего химического загрязнения верхних слоев литосферного пространства, создавая предпосылки для изменения наряду с ресурсной функцией геохимической экологической функции литосферы.

### Трансформация геодинамической экологической функции литосферы

Ведение боевых действий предполагает передвижение войск по дорогам или по бездорожью, строительство фортификационных сооружений, ударное воздействие на противника с целью уничтожения живой силы, техники и укреплений, а также проведение испытаний новых видов оружия. В результате создаются предпосылки для возникновения и активизации экзогенных геологических процессов, нарушающих сложившуюся экологическую обстановку. Возможно искусственное инициирование такого рода процессов (например, схода лавин, селей, оползней, камнепадов в горных местностях и др.) как тактического средства ведения боев.

Передвижение войск на гусеничном транспорте по бездорожью, лугам, пахотной земле и лесным массивам приводит к разрушению, частичному или полному уничтожению почвенно-растительного покрова, возникновению очагов дефляции, ускорению процессов линейной и плоскостной эрозии. Особенно заметен этот эффект в районах пустынь и полупустынь. Так, в Египте вследствие военных действий союзников в ходе Второй мировой войны резко увеличилось число пылевых бурь [2].

Значительные изменения рельефа связаны с применением авиабомб и снарядов. Размеры воронок, образуемых авиационными бомбами, зависят от глубины взрыва и состава пород в приповерхностной зоне. Так, при весе бомбы 3000 кг размеры воронок в супесях и суглинках составляют 3 м по глубине и 25 м в диаметре, в вулканическом песке и в торфах — 7 и 15 м по глубине и 20 и 50 м в диаметре соответственно. При использовании атомных и водородных бомб изменения рельефа наблюдаются на еще больших площадях. Так, площадь взрывной воронки атомной бомбы мощностью 20 кт составляет 1 га, а водородной бомбы 10 Мт — 57 га [3, 11]. Экологические последствия, выражающиеся в уничтожении растительности и гибели животных, охватывают еще большие территории. Данные, характеризующие последствия наземных ядерных взрывов, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Влияние наземного ядерного взрыва на компоненты экосистемы

Характер влияния ядерного взрыва	Захватываемая территория, га	
	атомная бомба 20 кт	водородная бомба 10 Мт
Образование взрывной воронки	1	57
Воздействие ударной волны: гибель позвоночных уничтожение растительности	24 362	1540 52 500
Воздействие теплового излучения: гибель позвоночных уничтожение растительности	1000 749	150 000 177 000
Воздействие ионизирующего излучения: гибель позвоночных уничтожение растительности уничтожение древесной растительности	674 43 148	117 000 12 100 63 800

Экологическими последствиями негативных геологических процессов могут быть деградация растительности, гибель фауны, сокращение числа микроорганизмов и в целом уменьшение биоразнообразия. Каждый килограмм взрывчатого вещества обычной бомбы вызывает разрушение экосистемы на площади 12,5 м<sup>2</sup> [3]. Уничтожение на значительных площадях почвы, растительности и животных отмечалось во время войны на территории Вьетнама, Лаоса и Камбоджи. На территории этих государств впервые в истории войн объектом поражения стала среда обитания целых народов (посевы сельскохозяйственных растений, плантации технических культур, джунгли и мангровые леса). В конечном итоге в Индокитае районы, где проводились интенсивные бомбардировки, практически полностью лишились почвенно-растительного покрова и превратились в территории, непригодные для земледелия.

Бомбардировки играют роль своего рода “спускового механизма” для активизации склоновых процессов. Артиллерийские обстрелы склонов и использование

взрывов практиковались с 30-х годов XX в. для спуска лавин в Альпах в Швейцарии и в Хибинах на Кольском п-ове. Во время сражений Второй мировой войны на Кавказе при защите Эльбруса такого рода воздействие на лавиноопасные склоны осуществлялось уже в военных целях. Активизация склоновых процессов во время военных действий может осуществляться также и с профилактическими целями. Так, при выводе советских войск из Афганистана до начала движения войск и военной техники проводилась бомбардировка горных склонов с целью инициирования схода осыпей и обвалов.

Опыт боевого применения ядерного оружия в 1945 г. в Японии из-за отсутствия информации не позволяет оценить степень изменения геодинамической экологической функции литосферы. Однако проводившиеся во второй половине XX в. подземные испытания ядерных устройств показали, что существует связь между взрывами атомных зарядов и активизацией геологических процессов (прежде всего эндогенных). Следует отметить, что в ряде случаев испытания проводились в районах с повышенной сейсмичностью. К таким районам относятся, например, территория полигона в штате Невада (США), районы оз. Байкал и долины р. Амударьи. Проводимые под землей ядерные взрывы, безусловно, оказывают влияние на сейсмичность территорий, хотя пока нет ясного ответа на вопрос о силе и времени проявления последствий этого воздействия.

В ряде работ отмечается, что существует принципиальная возможность вызывать землетрясения ударными воздействиями, в том числе и ядерными взрывами [7, 14]. К примеру, на территории Афганистана с конца октября 2001 г. по начало апреля 2002 г. зарегистрировано около 40 землетрясений, некоторые из которых можно связать с воздействием на литосферу массивных ракетно-бомбовых ударов, осуществлявшихся во время боевых действий в горных районах на территории этой страны. Данные о подземных ядерных взрывах, проведенных на Семипалатинском, Новоземельском и Невадском полигонах, а также в других местах, позволяют утверждать, что их воздействие на литосферу приводит к кратковременному увеличению сейсмичности на расстоянии до 2000 км от места испытаний, к увеличению частоты и силы землетрясений в первые 5—10 дней, а также через 30—40 дней после проведения взрывов [8]. Таким образом, поскольку при определенных видах воздействия (бомбардировки и ракетно-артиллерийские обстрелы) происходит изменение сейсмичности территории, можно говорить о трансформации не только геодинамической, но и геофизической экологической функции литосферы.

#### Трансформация геохимической экологической функции литосферы

При военных действиях среди природных компонентов объектом прямого и косвенного воздействия оказываются и литогеохимические поля. Прямое воз-

действие на литосферу, например при осуществлении взрывов, при бомбардировках, обстрелах и т.п., вызывает механическую миграцию химических веществ на значительные расстояния. К косвенным воздействиям следует относить такие эпизоды военных действий, в ходе которых происходит разрушение экологически опасных объектов.

В настоящее время основные военные конфликты ведутся с целью получения доступа к топливным ресурсам, в первую очередь — нефтяным. В ходе таких локальных “малых” войн неизбежны разрушения нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих предприятий, что приводит к интенсивному нефтяному загрязнению приповерхностной части литосферы на обширных участках в соответствующих регионах. Так было, например, в Кувейте, Ираке, Чечне. Эколого-геохимические последствия военных действий в нефтедобывающих регионах могут быть продемонстрированы на примере Чеченской республики.

Основой экономики Чечни была нефтяная промышленность. В 2001 г. в Чечне насчитывалось 24 нефтяных месторождения и 550 работающих скважин [6]. В результате военных действий на территории Чеченской республики выведена из строя значительная часть промысловых газопроводов и компрессорных станций. В период активных боевых действий разрушениям подвергались предприятия и объекты топливно-энергетического комплекса (ТЭК), которые потенциально являются источниками химического загрязнения окружающей среды. При авариях на объектах ТЭК участки с аномально высоким геохимическим загрязнением отмечались в местах расположения заправок топливом, хранения и транспортировки нефтепродуктов. В ходе военных действий вследствие разрушения нефтехимических объектов вокруг них образовались, дополнительно к уже существовавшим, многочисленные болота — отстойники нефтепродуктов и различных химикатов. В результате к середине 2000 г. оказалась загрязненной территория площадью более 2,5 тыс. км<sup>2</sup>. Сильное загрязнение нефтепродуктами наблюдается в р. Сунже. В силу этого в данном контексте речь может идти также и об изменении ресурсной экологической функции литосферы наряду с геохимической.

С началом боевых действий в Чечне поджог нефтяных скважин участниками бандформирований стал одним из средств дестабилизации социально-экономической обстановки в республике. Так, в ноябре 1999 г. на территории Чечни горело 6 нефтяных скважин, к началу 2000 г. — уже 30 скважин. По данным на 20 февраля 2001 г., фонтанировало около 40 скважин, из которых горело 30. В июле 2001 г. горело 14 скважин, в том числе 6 скважин в окрестностях г. Грозного. Токсичные продукты горения разносились на десятки километров, осаждались и накапливались в почвах и растительности [6].

В значительной степени трансформация геохимической экологической функции литосферы обусловлена воздействием на нее в местах производства различных боевых отравляющих веществ (БОВ) или химического

оружия [1]. Следует отметить, что производство боевых отравляющих веществ может вызывать серьезные изменения в окружающей среде, поскольку связано с использованием для производственных нужд большого количества речной воды. В нашей стране, например, военные химические предприятия располагались исключительно на берегах полноводных рек — Волги, Оки и Камы. Многие склады химического оружия образованы в местах дислокации войсковых химических подразделений. Часть таких складов расположена вблизи заводов, производящих химическое оружие, или непосредственно в пределах их территорий. В настоящее время в России насчитывается 8 специализированных арсеналов химического оружия, расположенных в Удмуртии, Саратовской, Курганской, Кировской, Пензенской и Брянской областях [13].

В настоящее время химическое оружие практически не применяется или используется весьма ограниченно. Цель применения такого рода оружия состоит в формировании краткосрочных опасных для человека геохимических аномальных зон. В зависимости от вида химического оружия территория, подвергшаяся газовой атаке, остается опасной в течение нескольких часов или суток. Сейчас в армейских арсеналах созданы запасы боевых отравляющих веществ третьего поколения, представляющих собой так называемое бинарное оружие. Каждый компонент, входящий в состав бинарного оружия, безвреден, что позволяет использовать его в обычном химическом производстве. Однако при смешивании компонентов образуются сверхтоксичные соединения, которые и являются химическим оружием. Разработка такого рода оружия запрещена международными соглашениями, однако его производители обходят запрет различными способами, чему в немалой степени способствуют трудности контроля. Производство бинарного оружия (по отдельным его компонентам) весьма трудно отличить от обычного химического производства [13].

Предприятия, производящие химическое оружие, а также места его складирования и длительного хранения в военное время представляют собой объекты чрезвычайно высокой степени экологической опасности. Это объясняется тем, что в случае их разрушения возможна гибель большого числа людей и химическое загрязнение значительных по площади территорий на длительный срок, что в свою очередь может привести к необратимым изменениям геохимической и вместе с ней ресурсной экологических функций литосферы.

#### **Трансформация геофизической экологической функции литосферы**

Геофизическая экологическая функция литосферы определяет и регулирует энергетические условия существования живых организмов. Вмешательство человека в энергетику окружающей среды при военных действиях обычно осуществляется в виде ударного разрушающего, температурного и радиационного воздействия. Однако современный уровень знаний, в том

числе и военных, заставляет говорить о так называемых геофизических войнах, не укладывающихся в обыденные представления о ведении боевых действий.

Ударное разрушающее воздействие представляет собой наиболее часто используемое средство для уничтожения живой силы, техники и фортификационных сооружений воюющих сторон. Обычные средства ведения боевых действий (авиабомбы, ракеты и артиллерийские снаряды), как правило, не вызывают изменений геофизической экологической функции литосферы, поскольку влияние их на энергосферу не бывает достаточно сильным и продолжительным. Однако переход к новой тактике ведения боевых действий, в частности нанесение массивованных сосредоточенных ракетно-бомбовых ударов с использованием боеприпасов повышенной мощности, может нарушить энергетическое равновесие в верхних слоях земной коры и вызвать изменение сейсмической обстановки.

Геофизические исследования, проводившиеся при испытаниях оружия большой разрушительной силы или при осуществлении мощных взрывов, а также других подобного рода экспериментов, носящих мирный характер, показали, что существует энергетический порог, за которым оказываемое на верхнюю часть земной коры воздействие может вызывать реакцию массивов горных пород, сходную по проявлению с тектоническими землетрясениями. Сопоставление энергетического уровня воздействия с откликом природной среды свидетельствует, что ощутимая реакция горных массивов, проявляющаяся в виде обширных экзогенных и эндогенных процессов, носящих зачастую катастрофический характер, возможна при искусственном воздействии сильного или опасного уровня, энергия которого превышает  $10^8$ — $10^{10}$  Дж (табл. 3). Энергия указанной величины выделяется при подрывах ядерных зарядов или химических взрывах большой мощности, при крупных авариях на топливопроводах. Массивованные сосредоточенные бомбардировки, которые стали использоваться в последнее время в локальных конфликтах, также можно рассматривать как сильное воздействие на верхнюю часть литосферы.

Причинно-следственная связь между массивованными сосредоточенными бомбардировками и повышением сейсмической активности была обнаружена при анализе рядов землетрясений, происшедших после бомбардировок в Югославии в 1999 г., Афганистане в 2001 г. и Ираке в 2003 г., в странах, расположенных в пределах субширотного Средиземноморско-Кавказско-Памирско-Гималайского тектонического сейсмически активного пояса [5]. В процессе обработки имеющегося материала (сводки о землетрясениях, поступающие от ГС РАН) было установлено увеличение числа и повышение интенсивности землетрясений в самые первые дни после бомбово-ракетных ударов. Такая реакция земной коры на сильное воздействие обнаруживалась и ранее, хотя особого внимания не привлекала. Однако во всех рассматриваемых случаях наблюдалась также и вторая волна увеличения сейсмической активности по прошествии 4,5—7 месяцев.

Так, в Югославии вторичное усиление сейсмичности отмечено через 5 (и, возможно, через 7) месяцев после интенсивных ракетных обстрелов и бомбардировок. При этом заметно как увеличение числа землетрясений в Средиземноморском регионе, так и возрастание их магнитуды до  $M = 6$  и более. Предшествующий бомбардировкам 8-месячный период отличается от постбомбардировочного по обоим этим критериям. Аналогичная картина наблюдалась в районе Гиндукуша после бомбардировок в Афганистане. Усиление сейсмической активности в первые дни после бомбардировок сменилось 5-месячным периодом относительного затишья, после которого сейсмическая активность вновь возросла. После бомбардировок в Ираке временной лаг до вторичного усиления сейсмичности сократился до 4 месяцев. Однако число землетрясений в постбомбардировочный период заметно больше, чем в предшествующий отрезок времени, и их магнитуды выше.

Для проверки предположения о связи повышения сейсмической активности с военными действиями было изучено распределение землетрясений по их энергии (магнитудам) и глубине очагов. Результаты такого анализа позволили сделать вывод, что постбом-

Таблица 3

Классификация воздействия на литосферу и его последствий

Уровень воздействия	Энергия воздействия, Дж	Геодинамические признаки	Характеристика последствий воздействия
Низкий	менее $10^6$	Особые геодинамические признаки отсутствуют	Наблюдаемые изменения не выходят за рамки естественных процессов и не приводят к заметным нарушениям геоэкологических условий
Умеренный	$10^6$ — $10^8$	Проявление экзогенных геологических процессов	Наблюдаются заметные, выходящие за рамки фоновых изменения окружающей среды и геоэкологической обстановки, не требующие специальных мероприятий для их компенсации
Высокий	$10^8$ — $10^{10}$	Обширные проявления экзогенных геологических процессов	Наблюдаемые изменения в геоэкологической обстановке требуют специальных мероприятий для предотвращения или уменьшения негативных последствий воздействия
Опасный	$10^{10}$ — $10^{18}$	Обширные проявления экзогенных геологических процессов; проявления эндогенных геологических процессов	Разрушительные и катастрофические изменения в окружающей среде, сопровождаемые гибелью людей и значительным материальным ущербом



бардировочные землетрясения в основном относятся к категории не очень сильных, это косвенным образом подтверждает возможность “размена” катастрофических землетрясений на серии слабых.

В целом результаты анализа данных геофизических наблюдений подтверждают наличие связи между усилением сейсмической активности и воздействием на верхнюю часть земной коры, которое оказывается во время военных действий с применением оружия большой разрушительной силы. Это означает, что техногенная наведенная сейсмичность (в данном случае речь идет об инициированной сейсмичности) может оказаться прямым следствием военных действий. Постбомбардировочные землетрясения могут в свою очередь согласно принципу “домино” повлечь за собой так называемые вторичные сейсмопроявления, напрямую не связанные ни пространственно, ни по времени с вызвавшими их событиями. Время и место вторичных сейсмопроявлений предугадать очень сложно, что делает их весьма опасными.

Массированные артобстрелы и бомбардировки с использованием тактической и стратегической авиации, а также ракет среднего и дальнего радиуса действия могут приводить к пожарам на обширных территориях, выходящих за пределы непосредственного театра военных действий, что влечет за собой изменение температурного режима приповерхностной литосферы. При взрыве 1 кг тротила выделяется  $10^3$  ккал ( $4,2 \cdot 10^6$  Дж) тепловой энергии. В ходе Второй мировой войны союзниками были сброшены на территорию Германии авиабомбы общим весом 2,9 Мт. Количество выделенного тепла при этом составило приблизительно  $1,5 \cdot 10^{16}$  Дж. В ходе современных “малых” войн широко используется зажигательное оружие, предназначенное для создания крупных пожаров с целью уничтожения живой силы и техники, материальных ценностей, а также для затруднения действия войск противника. Так, на Ближнем Востоке в 1967 г. Израиль, применив такое оружие, вывел из строя примерно 75% арабских войск. Во время боевых действий во Вьетнаме около 40% использованных боеприпасов представляло собой зажигательное оружие — в основном кассеты по 800 бомб, которые создавали пожары на площади более 1000 га.

Зажигательные смеси, используемые в качестве боеприпасов, могут быть разделены на три категории: смеси типа напалма (бензин с загустителем), создающие очаги горения длительностью до 10 мин с температурой до  $1200^\circ\text{C}$ ; металлизированные зажигательные смеси на основе нефтепродуктов с порошкообразными добавками металлов, температура горения которых достигает  $1600^\circ\text{C}$ ; термитные зажигательные смеси (механическая смесь оксидов железа и порошкообразного алюминия), горящие без участия в реакции кислорода при температуре до  $3000^\circ\text{C}$ , и низкотемпературные (до  $900^\circ\text{C}$ ) смеси в виде воскообразного самовоспламеняющегося вещества с добавкой фосфора и щелочного металла, поражающие огнем местность на площади до  $0,15 \text{ км}^2$  [4]. С экологических позиций применение зажигательного оружия чревато уничтожением почв,

растительности и других форм жизни на больших площадях и на длительное время и выведением земель из сферы хозяйственного использования. В то же время говорить об изменениях геофизической экологической функции литосферы при использовании оружия огневого воздействия не следует, поскольку изменение температурного режима происходит за непродолжительное время существования очагов возгорания и открытого огня.

Опыт радиационного воздействия в военных целях не слишком богат и ограничивается боевым применением США атомных бомб, взорванных над территорией Японии в 1945 г. Однако анализ результатов этого “эксперимента” обнаружил значительный экологический эффект использования такого рода оружия. Косвенным подтверждением негативной экологической эффективности военного радиационного воздействия может служить ситуация, возникшая в результате аварии 1986 г. на Чернобыльской АЭС.

Нет необходимости подробно рассматривать в рамках данной статьи поражающее действие ядерного оружия, в том числе и действие проникающей радиации, поскольку это было бы простым повторением хорошо известных сведений. В то же время следует отметить, что с экологических позиций (возможность изменения геофизической экологической функции литосферы) наибольшего внимания заслуживает длительное радиоактивное загрязнение местности при использовании ядерных и нейтронных боеприпасов. Именно заражение стойкими изотопами радиоактивных элементов может существенным образом изменить экологическую обстановку на региональном уровне и на длительный срок. Радиоактивное заражение местности происходит не только в случае применения ядерного или нейтронного оружия. Аналогичный эффект возможен при использовании обычных боеприпасов, в которых в качестве утяжеляющего (для создания большей разрушающей силы) компонента входит обедненный уран.

По мере развития науки в сфере интересов военных ведомств в качестве объектов воздействия попали практически все сферы Земли, а в качестве средств воздействия выбор пал на электромагнитные, инфразвуковые, температурные геофизические поля, а также различные средства модификации погоды и климата. Речь, таким образом, идет о перспективах создания на базе так называемых двойных геофизических технологий нового поколения оружия, превосходящего по своим возможностям все существующие виды вооружения. Разработка такого оружия предполагает осуществление воздействия в военных целях на различные среды — гидросферу, атмосферу, ионосферу и литосферу. Такое воздействие, по мнению разработчиков оружия, может решать тактические и стратегические задачи при ведении боевых действий. Большинство подобных разработок, по-видимому, еще не вышло из стадии теоретических и ограниченных экспериментальных научных исследований. Но в то же время оценивая возможности и темпы развития современной науки, можно прогнозировать на не очень отдаленное будущее создание

средств воздействия в первую очередь на погоду и климат с целью использования их в качестве своеобразного “тактического” оружия. Имея в виду ближайшие перспективы, можно говорить об использовании в качестве тактического оружия средств рассеивания или, наоборот, нагнетания тумана и облачности, вызывания выпадения града, дождей и снегопадов, управления молниями. Как стратегическое оружие может рассматриваться вызов разрушительных ураганов и бурь, направление их по определенным, выгодным с военной точки зрения траекториям.

Искусственно вызванные наводнения, тайфуны и другие техногенные стихийные бедствия, наведенные на территории прибрежных стран, могут нанести им значительный урон, а при неоднократном повторении полностью парализовать хозяйственную деятельность, лишив, таким образом, экономической возможности оказывать сопротивление агрессору.

Впервые успешный эксперимент по рассеиванию тумана был проведен в 1935 г., а 11 лет спустя, в 1946 г., было осуществлено искусственное вызывание дождя. Научные разработки, проводимые в этом направлении, имели целью обеспечить благоприятные условия для сельскохозяйственной и иной деятельности, получить возможность регулировать погодные условия в интересах стран, страдающих от тайфунов, наводнений, засухи и т.п. Однако альтернативным вариантом использования результатов проводимых исследований оказалось их военное применение. Фантом “геофизического погодного оружия” перестал быть таковым и превратился в реальность после использования его американскими войсками в 1966—1967 гг. в Лаосе и Вьетнаме с целью воспрепятствовать движению на дорогах и дезорганизовать действия вьетнамских и лаосских войск, а также после проведения в 1970 г. операций по воздействию на погоду вблизи берегов Кубы с целью вызвать засуху и, таким образом, существенно снизить урожайность сахарного тростника [10].

Воздействие на гидросферу и атмосферу с целью достижения тактических и в особой мере стратегических военных целей может привести к нарушению равновесия в системе, определяющей климатические условия целых регионов. Последствия такого нарушения пока трудно предвидеть, поскольку проводимые лабораторные эксперименты не позволяют оценить их в полной мере. Однако исходя из общих представлений о существующих взаимодействиях различных сфер Земли и динамики этих взаимодействий можно сказать, что использование в военных целях воздействия различной силы и генезиса на погодные и климатические факторы может в значительной мере способствовать изменению геофизической экологической функции литосферы.

#### **Последствия трансформации экологических функций литосферы**

Последствия изменений экологических функций литосферы, сопутствующие военным действиям или являющиеся их результатом, в настоящее время трудно

оценить в полной мере. Пренебрежение экологическими нормами и различного рода запретами, характерное для периода военного времени, создает опасность возникновения необратимых процессов, ухудшающих общую экологическую обстановку. Проводимые по военным программам (лабораторные в мирное время и натурные в период локальных военных конфликтов) научные эксперименты, в той или иной мере затрагивающие сферы Земли, создают предпосылки для дисбаланса природных экосистем.

Кратковременность локальных конфликтов, пришедших на смену затяжным войнам исторического прошлого, не дает повода для оптимизма, поскольку миграция “горячих точек” вызывает нестабильность условий жизнедеятельности людей в различных регионах. Сокращение ресурса пахотных земель и соответственно продовольственной базы (изменение ресурсной и геодинамической экологических функций литосферы) дополняется химическим загрязнением почвы, грунтовых вод и вод глубоких горизонтов, формирующимся в ходе военных действий и устойчиво сохраняющимся в течение долгих лет после их окончания (трансформация геохимической и ресурсной экологических функций литосферы). Геофизическая экологическая функция литосферы также претерпевает значительные изменения, что отражается на общей экологической обстановке. Это происходит при использовании во время боевых действий боеприпасов, содержащих обедненный уран (радиохимическое загрязнение), при нанесении массивных сосредоточенных ракетных или бомбовых ударов (иницирование сейсмопроявлений) или при искусственном изменении погодных условий (вызывание затяжных ливневых дождей или, наоборот, засушливых сезонов).

Устойчивое химическое загрязнение почвы, горных пород, поверхностных водоемов и водоносных горизонтов может вызывать тяжелые формы болезней на всех иерархических этапах биосферы. Это является предпосылкой для необратимого сдвига условий существования живых организмов — к экологической катастрофе. То же можно сказать и о последствиях использования геофизического оружия, основанного на воздействии на атмосферу, ионосферу или литосферу с целью инициирования негативных процессов, наносящих урон противной стороне.

Авторы статьи не преследовали цель показать, каким злом являются глобальные войны или локальные военные конфликты и какие бедствия они несут народам, ибо история человечества уже позаботилась об этом. Хочется подчеркнуть, что войны, большие и малые, длительные или скоротечные, становятся серьезным фактором дестабилизации взаимодействия живой и неживой природы на нашей планете, взаимодействия на функциональном уровне. Современные технологии промышленного и сельскохозяйственного производства, строительства и получения энергии таковы, что они способны и без войн настолько изменять экологическую обстановку на планете не только в региональном, но и в глобальном плане, что добавление

к этому еще и войн равносильно самоуничтожению нашей технократической цивилизации. Следует помнить о хрупкости и уникальности жизни в существующей ее форме. Следует также иметь в виду, что войны с использованием все более мощных средств поражения,

уже продемонстрированных и находящихся “на подходе”, могут подвести человечество к той грани, за которой, по выражению академика Н.Н. Моисеева, жизнь будет продолжаться, только места для человека в ней уже не будет.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров В.Н., Емельянов В.И. Отравляющие вещества. М., 1990.
2. Берг Л.С. Климат и жизнь. М., 1947.
3. Горшков С.П. Экзогеодинамические процессы освоенных территорий. М., 1982.
4. Гринин А.С., Новиков В.Н. Экологическая безопасность. Защита территории и населения при чрезвычайных ситуациях. М., 2002.
5. Жигалин А.Д., Николаев А.В., Васютинская С.Д. Наведенная сейсмичность как следствие военных действий. Геофизика XXI столетия: 2003—2004 годы // Сб. тр. V и VI геофизических чтений им. В.В. Федьнского. Тверь, 2005. С. 130—134.
6. Зонн С.В., Зонн И.С. Экологические последствия военных операций в Чечне // Энергия: экономика, техника, экология. 2002. № 6. С. 50—53.
7. Николаев А.В., Жигалин А.Д. Геоэкологические аспекты военной деятельности // Геоэкология. 2003. № 1. С. 23—31.
8. Природные опасности России. Сейсмические опасности / Под ред. Г.А. Соболева. М., 2000.
9. Реннер М. Военные против окружающей среды. XX век: последние 10 лет. М., 1992. С. 233—234.
10. Сешагири Н. Против использования природы в военных целях. М., 1983.
11. Хазанов М.И. Искусственные грунты, их образование и свойства. М., 1975.
12. Экологические функции литосферы / Под ред. В.Т. Трофимова. М., 2000.
13. Юфит С.С. Яды вокруг нас. М., 2002.
14. Ясаманов Н.А. Антропогенные геологические процессы и их катастрофическое проявление // Жизнь Земли. Природа и общество М., 1993. С. 42—53.

Поступила в редакцию  
01.02.2006