

GALINA KRUGLOVÁ, JAN VANĚK

## GEOEKOLOGICKÉ ASPEKTY VLIVU JADERNÝCH ELEKTRÁREN NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

G. Kruglová, J. Vaněk: *Geoeological aspects of influences of nuclear power plants on the living environment*. — Sborník ČSGS, 91, p. 102—111 [1986]. — The paper treats of the geoeological aspects of the influence of nuclear power plants on the main components of the living environment, i.e. the natural components, such as soil, water sources, air and climate, organisms and their associations; the social-economic components, before all agriculture, water and forest economy, and finally population and cultural utility of the landscape. Much attention has been paid to the protection of the natural environment and natural complexes affected by the construction and operation of nuclear power plants.

V souvislosti s rozvojem jaderné energetiky v ČSSR se jasně ukázalo, že bude nutno věnovat zvláštní pozornost rovněž ekologickým stránkám činnosti budovaných zařízení. Vše, co souvisí s jadernou fyzikou, radioaktivitou a zářením, je totiž „ostře sledováno“ širokou veřejností s pocity jisté nedůvěry i obav. Investiční celky, jako jsou jaderné elektrárny, představují vynaložení takového objemu prostředků, materiálů, práce a informací, že nelze riskovat žádné opomenutí spjaté např. s přehlédnutím jakýchkoli jejich dopadů nebo následků. Rozvoj jaderné energetiky bude znamenat v nejbližším desetiletí zásadní, velmi rozsáhlou inovaci československého elektrárenství; pro ekologii lokalit, oblastí a celých regionů jde o revoluční přeměny k lepšímu, ale současně i k neznámému. Touto prací bychom chtěli obrátit zájem a pozornost ekologů, geografů, plánovačů, projektantů i stavitelů jaderné energetiky na sféru vazeb, souvislostí, vlivů a následků budovaných objektů v systémových celcích jejich krajinného prostředí.

Jaderná elektrárna vstupuje do územního systému jako nový funkční článek významně a mnohostranně ovlivňující svou ekologickou aktivitou životní prostředí; zapojuje se velmi složitě do struktury a funkce antropoekologického systému mnoha různými vazbami a vlivy. V tomto smyslu ovlivňuje přímo i nepřímo všechny složky prostředí — přírodní, technické, sociálně ekonomické. Pokud nedojde k závažnému zanedbání při včleňování nových technostruktur do skladby a funkce krajiny, lze předpokládat, že budou akceptovány přírodou i lidmi.

Studium vlivů jaderných elektráren na přírodu a zdraví člověka a jejich vyhodnocení je významné především proto, že se tyto elektrárny budují v oblastech hospodářsky vyspělých, s velkou spotřebou energie,

daleko od zdrojů paliv, s velkou koncentrací obyvatelstva. V obdobných podmínkách již pracují a budou během dalších desetiletí vznikat jaderné elektrárny u nás.

Pokud jde o výstupy jaderných elektráren, jejich budování a provoz, zkušenosti získané za období exploatace v nejrůznějších zemích i v ČSSR svědčí o tom, že v případě normálního provozu (bez havárií), neměla by výstavba ani exploatace ohrožovat přírodní prostředí ani lidské zdraví. Provoz jaderných elektráren (JE) má z hlediska ochrany přírodního prostředí a zdraví obyvatelstva značné přednosti před centrály spalujícími pevná a tekutá paliva. Vezmeme-li v úvahu výkon a klasické emise, jde o zdroj mnohonásobně čistší. Tepelná emise a emise vodních par je v jaderných elektrárnách několikrát větší. V případě jaderných elektráren je tepelné působení na prostředí v průměru o 50 % silnější než u elektráren klasických.

Některé vlivy jsou však specifické pouze pro výrobu jaderné energie — patří k nim především potenciální radioaktivní znečištění, které by mohlo ohrozit zdraví lidí. Radioaktivní vliv je mírněn soustavou protiradiačních ochranných zařízení, jež tvoří součást technologie výroby. Vzhledem k velkým výdajům na ochranu proti radiaci a zamezení šíření radioaktivity jsou náklady na velké JE — o výkonu reaktoru 1000 MW — o 20 až 30 % vyšší, než na obdobných tepelných centrálách. V případě, že technologie provozu bude v mezích normy, lze předpokládat, že nedojde k překročení předepsaného limitu a koncentrace radioaktivních látek ve vzduchu, půdě, vodě a rostlinstvu nepřesáhne úroveň zaznamenanou před vybudováním těchto elektráren. Z hlediska ekologů však je třeba zvýraznit rizika spojená s kumulačními a koncentračními procesy, probíhajícími v transportních médiích škodlivin.

Největším problémem je manipulace s vysoce a dlouhodobě aktivními radioaktivními odpady, s jejich „likvidací“, ukládáním, transportem, „likvidací“ resp. odvodem tritiových vod, „likvidací“ vyhořelého paliva, a nakonec i všechno, co souvisí s odstavením a „likvidací“ samotné elektrárny, která už dosloužila. Na těchto úsecích a v potenciálních haváriích jsou zdroje největších rizik a obav. Je tomu tak zejména proto, že některé postupy a technologie uvedených operací nejsou dodnes ve všech případech možných souvislostech domyšleny, vyprojektovány ani odzkoušeny a ověřeny.

Při zpracování lokalizačních studií pro umístění jaderných elektráren se bere v úvahu mnoho různých kritérií, ovlivňujících volbu místa výstavby. Některá z nich mají charakter norem nebo administrativních nařízení a omezení: vzdálenost od možného zdroje seizmicity (více než 8 km), rozmístění ve vztahu k rekreačním územím, možnost ukládání, odvodů nebo likvidace odpadů, dostupnost vodních zdrojů (ne více než 16 km); některá kritéria jsou ve své podstatě funkční (dostupnost potřebného množství vody), jiná přímo podmiňují výstavbu a zajištění provozu JE (stabilita podloží geologické stavby, vzdálenost od železnic a vodních cest apod.)

Racionální rozmístění jaderných elektráren vyžaduje komplexní výzkum vlivů těchto činitelů: geologické polohy, demografických faktorů (hustota osídlení, blízkost velkých měst), faktorů sociálně ekonomických (spotřeba elektřiny, náklady na vodu, rozsah záborů půdy s ohledem na výnosy, stav dobytka, divoké zvěře apod.), meteorologických faktorů (směry a rychlost větru, teplota, vlhkost), hydrologických, seizmic-

kých i ekologických činitelů a rovněž úrovně radiačního pozadí radioaktivního znečištění. Vybraná lokalita pro jaderné elektrárny má vyhovovat z hlediska zdraví a bezpečnosti lidí, působení na přírodní prostředí, ekonomických ukazatelů i sociálně ekonomických podmínek.

Při plánování a realizaci řízeného rozvoje využívání krajiny, při přípravě každého nového technického díla nebo jakéhokoliv lidského zásahu do krajiny je třeba se se vši vážností zabývat hodnocením jejich působení — a následků — na přírodní složky a zdraví lidí, zajistit cílevědomou ochranu životního prostředí a dosáhnout minimalizace negativního dopadu na přírodní prostředí a lidské zdraví.

Působení jaderných elektráren na přírodu a lidské zdraví se projevuje:

- znečištěním vody využívané v JE technologickými chemikáliemi,
- tepelným ovlivněním vody a atmosféry,
- vlivem na meteorologické podmínky,
- radioaktivním znečištěním.

### **Působení jaderných elektráren na přírodní složky**

#### **Působení na půdu**

- Negativní působení JE na kvalitu půd souvisí především s prováděním stavebních prací, s úpravami vlastního staveniště, výstavbou inženýrských sítí, cest, deponií, odkališť a skládek. Vlastní provoz JE (pokud nedojde k havarijním situacím) by neměl vyvolávat zhoršení půdních vlastností; vstup sebemenších kvant radionuklidů však nesmí zůstat bez povšimnutí, zvláště pokud jde o radioaktivní bezpečnost zemědělských produktů, ať už krmiv či potravin.
- Vzhledem k ploše záboru zemědělské půdy a značnému rozsahu zemních prací lze předpokládat, že na velkých rozlohách dojde k výrazné změně reliéfu, která může vytvořit novou situaci, pokud jde o erozní ohroženost pozemků; hrozí zvětšení splachu půdy a zvýšení obsahu prachu v ovzduší. Následky tohoto vývoje se mohou projevit v širším okolí staveniště.
- V souvislosti se změnami kvality povrchu budou na velké ploše staveniště hluboce ovlivněny hydrické funkce půdy; infiltrační schopnost půdního povrchu bude diverzifikována proti původnímu stavu.
- Odklizením ornice a odkrytím podorničních vrstev dojde na dlouhou dobu k umrtvení půdních profilů a zastavení pedogenetických procesů. Odklizená ornice bude z větší části zbavena biologické aktivity (kromě povrchu hald); odumřením půdních organismů a rozpadem organominerálních komplexů vázaných na funkce organismů dojde k fyzikálním, chemickým i nutričním změnám vlastností půd a k uvolnění vazby živin, které se během skladování dají do pohybu. Po znovurozproštění při rekultivaci nutno očekávat po krátkém období (až 5 let) počáteční vyšší úrodnosti orničního překryvu poměrně rychlé jeho vyčerpání a následné odplavení živin, dříve než se obnoví biologická aktivita půdy a s tím spojená schopnost uvolňovat a poutat živiny. Uvedené období se projeví výrazným poklesem úrodnosti v rozmezí 5—10 let po rekultivaci. Tomuto jevu bude třeba čelit zvýšenou

- pěči o rozvoj půdního života a velmi opatrným hnojením, nejlépe statkovými hnojivy.
- Rekultivované plochy budou vyžadovat selektivní překryvy nově tvarovaných ploch orníční vrstvou v souladu s cílovou funkcí rekultivace (zemědělství, sady, lesy aj.), a to jak pokud půjde o mocnost této vrstvy, tak i o její kvalitu, biologizaci a péči o porosty.
  - Účinnost imisních spadů nebude pravděpodobně významněji ovlivňovat úspěch (efekt) rekultivací; po celou dobu provozu JE je však nezbytné věnovat maximální pozornost vstupům a pohybům radionuklidů, zvláště na plodinách určených pro zemědělskou výrobu (krmiva, potraviny), a především veškeré produkci živočišné výroby (maso, mléko apod.).
  - Je třeba znát, které druhy půd a jak se projevují při zadržování, resp. propouštění radionuklidů do spodních horizontů půdních profilů a jaká je pravděpodobnost zamoření povrchových i podzemních vod v případě havárie.
  - Diverzita půdních vlastností, která může hrát významnou roli i pokud jde o poutání, popřípadě pohyb radionuklidů půdním prostředím a jejich vstup do potravních řetězců, může být příčinou různého chování půd vůči radioaktivním inputům. Prokáže-li se správnost této hypotézy, bude třeba odvodit ze získaných poznatků opatření, pokud jde o eventuální řešení diferencovaného využívání půd různých vlastností se zaměřením na prevenci radioaktivní bezpečnosti zemědělských produktů živočišného i rostlinného původu.
  - V okolí JE bude půda obohacována ukládáním odpadků chemicky upravené chladicí vody a látek ze srážkových vod obohacených emisemi. Lze předpokládat, že po delší době se to projeví změnou chemismu půdy, povrchových i podzemních vod, s dopadem na rostlinstvo a živočišstvo. Dobu a rozsah nástupu a projevů tohoto procesu není možné s přesností odhadnout.

Provoz JE nebude tedy mít závažnější vliv na půdy. Mohou však vznikat problémy následkem nepřiliš důkladných znalostí procesů, ke kterým v této souvislosti dojde. Proto se musí zajistit bioindikční, pedobiologické a agrochemické sledování těchto procesů.

### Vliv na vodní zdroje

Pro provoz JE je charakteristická nevratná spotřeba vody, velmi výrazně ovlivňující její bilanci a kvalitu v širším okolí elektrárny.

- Výrazný vliv na přírodní prostředí má „tepelné znečištění“ vodních zdrojů. Na rozdíl od klasických elektráren se odpadní teplo z jaderných elektráren převádí do chladicí vody. Tak rozsáhlý dopad se projevuje na tepelném režimu vodních toků a porušuje biologickou rovnováhu původních vodních ekosystémů. Dochází buď k potlačení, nebo naopak k aktivnímu rozvoji jednotlivých organismů a narušují se dosavadním vývojem ustálené podmínky výživy a života větších organismů, především ryb. Dochází k eutrofizaci ovlivněné nejen přítokem teplé vody do nádrží a toků, ale i změnou režimu oběhu živin.
- Velkým ekologickým rizikem jsou jak kontrolované, tak i nekontrolovatelné úniky radioaktivních látek. Jednotlivé radionuklidy se chovají různě a různě vstupují do biologických cyklů, kde se mohou kon-

centrovat a škodlivě projevovat např. v různých stupních potravních řetězců.

- Chemické znečištění odpadních vod a recipientů je obdobné jako v případě ostatních tepelných elektráren. Odlišná je problematika vypouštěního množství chemicky obohacené vody. V souvislosti s tím vystupuje do popředí problém její úpravy a ukládání sraženin a kalů. Protože jde o velká kvanta vyžadující relativně rozsáhlé zábory půdy, bylo by třeba hledat účinné metody odlučování a zahušťování kalů a čištění technické vody, aby se nemuselo používat tak mnoho chemikálií k její úpravě.
- Znečištěná voda omezuje rekreační a rybářské využití vodních nádrží.

Lze očekávat, že nejvíce interakcí mezi jadernou elektrárnou a přírodními složkami krajiny bude zprostředkováno právě subsystémem hydrosféry. Proto se musí včas zajistit biomonitorovací a bioindikační sledování změn vyvolaných výstavbou a provozem JE na vodních nádržích, řekách, pramenných i podzemních vodách.

### Vliv na ovzduší a klima

Velká kvanta odpadního tepla a vodní páry uvolňované do ovzduší ovlivní pravděpodobně změnu místních až oblastních meteorologických a klimatických poměrů; projeví se to:

- zvýšením četnosti dní s velkou oblačností („zataženo“) i dní s mlhou a výrazným omezením až absencí dní bezoblačných;
- vlivem mlhy na zdraví lidí, žijících v okolí JE, a na rychlost a bezpečnost silniční dopravy v okolí elektrárny;
- zvýšením četnosti výskytu bouřek a přeháněk;
- redukcí ročních úhrnů hodin slunečního svitu (místně až o 200 hodin ročně);
- vznikem zimních lokálních anomálií v dosud nezvyklé koncentraci sněhových srážek;
- zvýšením výskytu námraz a ledovek;
- změnami přízemního proudění vzduchu vyvolanými objekty JE a emisí tepla.

### Vliv na organismy a jejich společenstva

Změny, ke kterým dojde v průběhu výstavby JE v užším areálu vlastního staveniště včetně provozních ploch, skladů ap. budou tak hluboké, že úplně rozruší strukturu a funkce dnešních biotů (agrocenóz, fytoocenóz a zoocenóz, intravilánové a doprovodné alejové i břehové zeleně, společenstev drobných lesíků a hájů). Podobně budou dalekosáhle poškozeny biomy těch lokalit mimo užší areál JE, na kterých dojde k výstavbě nejrůznějších zařízení souvisejících s funkcemi elektrárny (deponie, odkaliště, retenční nádrže, cesty, liniové stavby apod.). Zvláště cenným a hodnotným lokalitám na území JE i v jejím blízkém okolí je třeba věnovat pozornost a ochranu, protože po ukončení výstavby takové „ostrovy“ života a esteticky přírodně působící krajinné architektonické prvky budou velmi významné pro psychiku lidí, dobře využitelné pro bioindikaci a biomonitoring, pro sledování radiační deteriorace krajiny a jejích ekosystémů a pro zajištění ekostabilizačních funkcí.

Přirozené ekostruktury vegetace a fauny jsou už před zahájením výstavby jaderné elektrárny dalekosáhle pozměněny a ve svém složení ochuzeny dosavadními způsoby hospodářského, zemědělského a lesnického využívání, stejně jako na celém území ČSSR. Právě proto je třeba více než kdekoliv jinde vážit si všeho, co dosud ve víceméně původní skladbě a funkci přežilo dosavadní vývoj hospodaření v krajině.

V oblasti vlivů JE je nutno vybudovat kostru ekologické stability krajiny, zachovat místní ekotopy, geofond a ekotypy pro využití při ozeleňování území JE a jejího okolí a pro postupnou samovolnou regeneraci ploch poškozených výstavbou JE. Koncentrace radioaktivních látek a intenzita radioaktivního působení by neměla přesahovat úroveň zaznamenanou před budováním JE. Avšak prostřednictvím rostlinstva, přes půdu, vzduch a vodu vstupují do potravních řetězců nejen přírodní biogenní prvky, ale i různé cizorodé látky a stopové prvky, popřípadě včetně radionuklidů. V článcích potravních řetězců následujících po sobě často dochází k mnohonásobné kumulaci škodlivin. Na jejich koncích se to může projevit výrazným poškozením výnosnosti a zdraví chovaných živočichů nebo dokonce i ohrožením, či poškozením zdraví člověka. Proto po celou dobu fungování JE je nutné soustavně sledovat bioindikačními a biomonitoračními metodami reakci jednotlivých druhů rostlin a živočichů, jejich populací a cenóz na nejrůznější (nejen radiační) vlivy.

### **Sociálně ekonomické aspekty**

Vliv nově vybudovaného významného, ekologicky vysoce aktivního územně systémového článku — jaderné elektrárny — na místní sociálně ekonomický život bude dalekosáhlý, mnohostranný a trvalý. Velmi významně zapojí území do celostátního ekonomického systému v oblasti energetiky. Dojde k posunům v hierarchii významu struktur a funkcí, jež byly doposud pro území charakteristické. Mnohé místní zájmy budou muset ustoupit zájmům celospolečenským, což přinese místním podmínkám nový rozvoj, nutně doprovázený kladnými i zápornými aspekty.

Realizace výstavby JE vždy naráží na řadu problémů, jako je nutnost dodržení proporcí rozvoje odvětvových infrastruktur na širším území přímo a nepřímo dotčeném výstavbou a funkcí JE, nároky na dopravní infrastrukturu, pracovní síly, stavební kapacity, nepříznivé důsledky ukládání a odvádění odpadů apod. Koncentrace výkonu JE na jedné lokalitě (např.  $4 \times 1000$  MW v Temelíně) také vyvolá řadu problémů: zvýšený tlak na území, větší tepelné emise, snížení možnosti využití velkého množství nízkopotenciálního tepla apod. Dalekosáhlý vliv bude mít výstavba a provoz JE na stávající průmyslové podniky; je třeba je vytypovat a jejich následky předvídat, kladné využívat a negativní tlumit.

Výroby, které bezprostředně využívají přírodu („biologické“ výroby), především zemědělství a lesnictví, budou přímo různě dotčeny výstupy JE nebo různě nepřímo omezeny opatřeními v rámci prevence radiační bezpečnosti.

Zemědělská výroba bude omezena zábořem ploch a komplexem přímo i nepřímo vyvolaných změn ve struktuře a funkci celého hospodářství území. Významné budou nejen úbytky produkce vlivem záboru zemědělské půdy, ale i dopady strukturálních i organizačních změn a změn následkem opatření zabezpečujících radiační bezpečnost. Sníží se pravdě-

podobně hodnota produktů živočišné výroby a pěstovaných plodin. Bude nutné věnovat zvláštní pozornost vyvolané restrukturalizaci zemědělské výroby a prevenci rozvoje radiačních rizik ve vymezených bezpečnostních pásmech. Na druhé straně všechny ztráty zemědělské výroby následkem záboru ploch a jiných vlivů bylo by možno kompenzovat využitím ohromných kvant odpadního tepla JE k intenzivní skleníkové výrobě a k hospodaření na ohříváných půdách. V tomto směru však zatím chybí zkušenosti.

Lesní porosty v širším okolí JE mohou být podstatně omezeny odlesněním pro výstavbu. Na samotné výnosnosti lesních výrob se může provoz JE projevit nepřímou změnou mezoklimatu, deficitem pracovníků vyvolaným odlivem pracovních sil, zvýšeným tlakem na mimoprodukční funkce lesa. Zvláštního významu nabudou asanační, vodohospodářské a stabilizační funkce lesů a rozptýlené zeleně v území.

Problematika vodního hospodářství je v obecném povědomí jednou z nejcitlivějších problémových oblastí především proto, že technologie JE počítá s kontinuální výměnou vod kontaminovaných tritiem. Pokud jde o význam této skutečnosti, názory se stále ještě různí. Vodní hospodářství bude dalekosáhle ovlivněno změnami odběrových režimů následkem rostoucí potřeby jak technické, tak i pitné vody a současně stále pokračujícím, i když mírným znečišťováním podzemních i povrchových vod. Nepatrná emise radioaktivních látek z JE do vodních nádrží může omezit jejich všestranné využití k zásobování lidí a dobytka, zavlažování, rekreaci a pro chov ryb.

Obyvatelstvo, především místní, bude výstavbou a provozem JE mnohostranně ovlivněno. Zúčastní se výstavby a bude se podílet na zajišťování funkcí JE. Nezbytnou součástí přípravy investičního záměru je znalost stavu obyvatelstva na příslušném území, a to nejen ve vymezených ochranných pásmech, ale i v širším okolí: zalidněnost území, počet obyvatel, věková struktura, podíl pracujících v odvětvích národního hospodářství, vyjížďka za prací, počet stavebních dělníků na JE apod. To všechno se výrazně projeví v období stavby JE. Rychlý růst počtu dělníků v počátečním studiu a pak jejich odliv v závěrečném stadiu a zároveň menším počtem stálého personálu zabezpečujícího provoz JE bude charakterizovat dynamiku struktury obyvatelstva oblasti. Rychlý růst počtu obyvatelstva vyvolá přetížení místních služeb, ovlivní veřejný pořádek, kulturní i administrativní život měst a obcí v okolí JE. Změní se sociální struktura obyvatelstva. Všem těmto změnám je třeba předcházet realizací opatření, která povedou k jejich využití nebo k preventivnímu vylučování jejich negativních důsledků.

K sociálním vlivům patří také změny v krajině způsobené stavbou, např. neestetické působení chladicích věží, hluk, nepohodlí, jež pocítí místní obyvatelstvo rychlým růstem velkého počtu stavebních dělníků (při výstavbě JE Temelín se počítá s 12 tisíci dělníky), i psychologické působení, vyvolané obavami z vlivů JE na životní prostředí.

Výstavba a provoz JE se dotkne také kulturních hodnot: významných stavebních, architektonických, historických a jiných památek, které by bylo třeba zvlášť intenzivně chránit. Jejich ohrožení by zpochybňovalo správnost výběru lokality JE. Dalekosáhlé změny vyvolané výstavbou povedou k relativnímu zvýšení všech hodnot pamětihodností, protože nové hospodářské a sociální funkce území přinesou zintenzivnění celospolečenského života a zvýšený zájem o významná místa, stavby a ji-

né pamětihodnosti. Státní ochrana přírody a památková péče by měla v tom smyslu co nejdříve propracovat své koncepce, aby včasnou konzervací objektů zasluhujících ochranu přispěla k perspektivnímu rozvoji kultury v prostředí ovlivňovaném JE a předešla poškození nebo zničení objektů, k němuž by mohlo dojít během výstavby JE a při „úpravách“ jejího okolí.

## Závěr

Výstavba jaderné elektrárny vyvolá značné změny v přírodních komplexech a také velké trvalé ztráty spojené se zábořem zemědělské půdy. Návrhy opatření mají být proto zaměřeny zvláště na půdu, na ochranu její úrodnosti, na co možná největší zkrácení doby, po níž bude vyřazena ze zemědělské výroby, a také na cílevědomé vytváření rekultivačního a regeneračního potenciálu na plochách z jakýchkoli důvodů dočasně nebo dlouhodobě devastovaných.

Rozsáhlému záboru zemědělské půdy a skrývce ornice se v souvislosti s výstavbou JE nelze vyhnout. Zvláštní pozornost bude třeba věnovat co možná největšímu omezení záboru. Skrývku ornice by bylo účelné provádět diferencovaně podle její kvality i kvality podloží a pro rekultivační účely ji používat rovněž diferencovaně. Bude účelné sledovat stupeň a změny erozní ohroženosti ploch, na nichž dojde ke skrývce ornice a k jiným přesunům substrátů.

Samotný provoz JE může mít významné dopady na půdu v souvislosti se vstupem a transportem radionuklidů do potravních řetězců po cestě vzduch — voda — rostlinstvo — živočišstvo — člověk. Za normálního provozu by toto potenciální nebezpečí nemělo vzbuzovat obavy, protože v hodnotách předvídaných projektem je menší než nebezpečí spojené s realizací a provozem jiných velkých technických děl. Vzhledem k teoretické možnosti havárie a následného zamoření okolí JE radioaktivními látkami je však třeba, aby procesy transportu a inkorporace sebevážnějších kvant radionuklidů prostřednictvím půdy do rostlin, živočichů a člověka byly trvale soustavně zkoumány a sledovány.

Ani význam vazeb JE na vodu nelze podceňovat; především je třeba respektovat možný vliv kumulačních a koncentračních procesů probíhajících v potravních řetězcích a prozkoumat jejich případný hygienický a asanační význam. Bude nutno organizovat široký monitoring sezónních a dlouhodobých změn fyzikálních, mikrobiálních, chemických a radiačních vlastností vody. Významné změny (kvantitativní i kvalitativní) ve vodním hospodářství přinesou s sebou rizika spojená s vyrovnaností a zajištěností vodních bilancí, ale zvláště s problémy odpadních vod i radioekologických následků eventuálních větších či menších havárií. Je třeba věnovat zvýšenou pozornost sledování procesů vyvolaných ve vodních ekosystémech (produkce, samočistící procesy, hospodaření na ohříváných vodách — „tepelné znečištění“ atd.).

Místní klima a mezoklima bude ovlivněno šířením velkého kvanta odpadního tepla a vlhkosti, emisí mikročástic z ventilačních komínů a odpadů z unášených kapek chemicky upravené vody. Tyto vlivy se projeví ústupem jedněch druhů rostlin a živočichů a nástupem jiných, změnami ve společenstvech, měnící se hodnotou stability homeostatické rovnováhy krajiny. Může pochopitelně dojít i k ovlivnění zdraví lidí. Proto musíme znát přesný obraz výchozí situace, abychom mohli včas prokázat



нástup negativních změn. To lze vyřešit výstavbou meteorologických měřicích věží, monitorovacích systémů, soustavou bioindikací atd.

Žádné moderní dílo nemůže v současnosti pracovat se 70% odpadem uvolněné energie, aniž by negativně neovlivňovalo životní prostředí. Je nutné najít vhodný způsob využití odpadního tepla z JE.

V příslušném území spjatém s výstavbou JE by měly být vytypovány složky, zasluhující ochranu pro svou hodnotu v krajině (rekreační oblasti, oblasti klidu, vzácné chráněné porosty a druhy rostlin a živočichů, komplexy lesů, veškeré vodní zdroje, vodní plochy, rezervoáry podzemních vod, prameniště, mokřady, rybníky, zemědělský půdní fond) a měl by pro ně být určen specifický režim ochrany.

Celé území JE i její okolí by se mělo stát předmětem trvalého, soustavného a široce koncipovaného přírodovědného výzkumu v rovině autologické, demekologické, synekologické a ekosystémové, který by měl být plánovitě zadán a koordinován. Součástí tohoto výzkumu by se měl stát monitoring výchozí radiální situace, zahájený 7–10 let před uvedením JE do provozu, aby byla získána dostatečně dlouhá reprezentativní řada pozorování nutných k průkazu nástupu změn.

Předmětem výzkumu by měly být všechny složky životního prostředí, tj. složky geobiosféry, technosféry i antroposféry, vytvářející antropoekologický systém širšího okolí JE, dotčeného její výstavbou a provozem.

#### Literatura:

1. BABAJEV, N. S.: *Ekologičeskije problemy atomnoj energetiky*. Priroda, Moskva 1978, č. 10.
2. KEENEY, R.: *Siting energy facilities*. New York, Academic Press 1980, 319 s.
3. Krajinně ekologické důsledky výstavby a provozu jaderné elektrárny Temelín. Výzkumná zpráva, Praha, ÚKE ČSAV 1983, 133 s.
4. KRUGLOVÁ, G.: Vliv jaderných elektráren na životní prostředí. Přírodní vědy ve škole, 32, Praha, SPN 1980-81, č. 4, s. 152–154.
5. VOROBJEV, E. I., ILJIN, A. A.: *Atomnaja energija i okružajuščaja sreda*. Atomnaja energija Moskva, 1977, č. 5, s. 374–384.

#### Резюме

#### ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ ЖИЗНЕННУЮ СРЕДУ

Атомная электростанция вступает в территориальную систему как новый «экологически активный» функциональный элемент. Он оказывает воздействие (прямое и косвенное) всестороннего и продолжительного характера на все составные части жизненной среды: природные, технические, социально-экономические. Опыт, приобретенный за годы эксплуатации АЭС в разных странах и в ЧССР, свидетельствует о том, что при нормальной эксплуатации (без аварий) они не представляют угрозы ни природной среде, ни здоровью человека. Специфическим воздействием АЭС с последствиями для здоровья человека является потенциальное радиоактивное загрязнение, ослабляемое системой противорадиационной охраны. Серьезной проблемой однако остается манипуляция высокорadioактивными отходами с длительным периодом распада, их транспортировка, захоронение, ликвидация твелов, а также все, что связано с ликвидацией самой электростанции по окончании ее эксплуатации.

При размещении АЭС должны приниматься во внимание прежде всего следующие факторы: здоровье и безопасность людей, воздействие на природную среду, социально-экономические условия и экономические показатели.

Воздействие АЭС на природную среду и здоровье человека проявляется в технологическом загрязнении воды, используемой АЭС, в радиоактивном загрязнении, тепловым загрязнением вод и атмосферы, влиянием на метеорологические условия.

Строительство и эксплуатация АЭС вызывает изменения в природных комплексах. Сокращение сельскохозяйственных площадей и значительный объем земляных работ, связанный со строительством АЭС, вызывает изменения рельефа, развитие эрозии, смыв почвы, повышает содержание пыли в воздухе. В результате перемещения культурного слоя с течением времени будет разрушен почвенный профиль и приостановлены биопродуктивные процессы. Эксплуатация АЭС может сказаться на почве и иметь результатом перемещения радионуклидов в трофических цепочках «воздух—вода—растительность—животные—человек» (лишь в случае теоретической возможности аварии). Мероприятия по охране почвы должны быть направлены прежде всего на охрану ее плодородия, на целенаправленное создание рекультивационного и регенерационного потенциала девастированных земель.

Помимо теплового загрязнения водного бассейна большую экологическую опасность представляет утечка радиоактивных веществ в воду, их концентрация и аккумуляция в трофических цепях; химическое загрязнение сточными водами ограничивает использование водохранилищ для рекреационных и других целей. Значительные изменения в сфере водного хозяйства связаны с угрозой водным балансам, проблемой сточных вод и экологическими последствиями возможных аварий.

На местный климат и мезоклимат влияет распространение огромного количества отработанного тепла, водяного пара, эмиссий микрочастиц из вентиляционных труб, испарения химически обогащенной воды. Все это вызывает увеличение числа дней с высокой облачностью и туманами и как следствие ухудшение здоровья живущих в районах АЭС, а также опасность гололедов и т. п.

Строительство АЭС нарушает структуру и функции существующих биомов, изменение стабильности гомеостатического равновесия ландшафта.

На территории строительства АЭС следует выделить все наиболее ценные ландшафтные единицы и элементы (рекреационные области, редкие виды растений и животных, комплексы лесов, водные источники и т. д.) и создать для них специальный режим охраны.

Социально-экономические аспекты воздействия АЭС на окружающую среду рассматривают:

- затраты на строительство, на которые могут влиять геологические условия, природные явления (оползни, наводнения, ураганы);

- воздействия на общество в целом в районе предполагаемой эксплуатации АЭС и главным образом на жителей близлежащего района (большой приток населения, главным образом строителей, проблемы рабочей силы, вызванные миграцией населения, обеспечение занятости и т. п.);

- эстетическое воздействие АЭС (размещение градирен или линий электропередач в живописной местности и пр.);

- воздействие на здоровье и безопасность людей (строительство и эксплуатация АЭС могут вызвать несчастные случаи, болезни, травмы).

Работа представляет интерес для экологов, географов, специалистов органов управления и строителей АЭС, занимающихся проблематикой взаимодействия строящихся АЭС и природной среды и последствий их воздействия на природу и здоровье человека.

*(Pracoviště autora: Ústav krajinnej ekologie ČSAV, Na sádkách 7, 370 05 České Budějovice.)*

*Došlo do redakce 28. 6. 1985.*